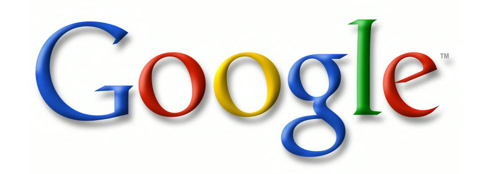
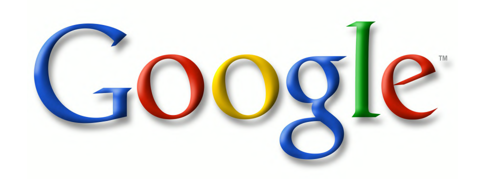
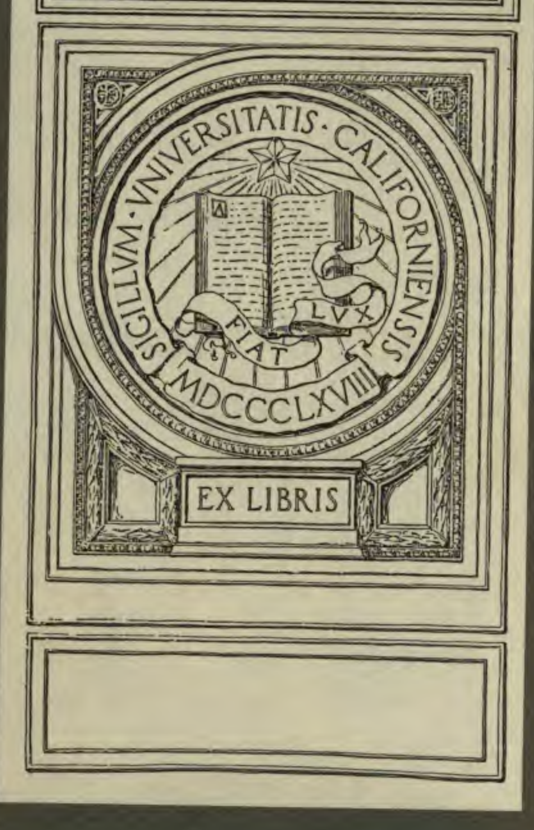



Google

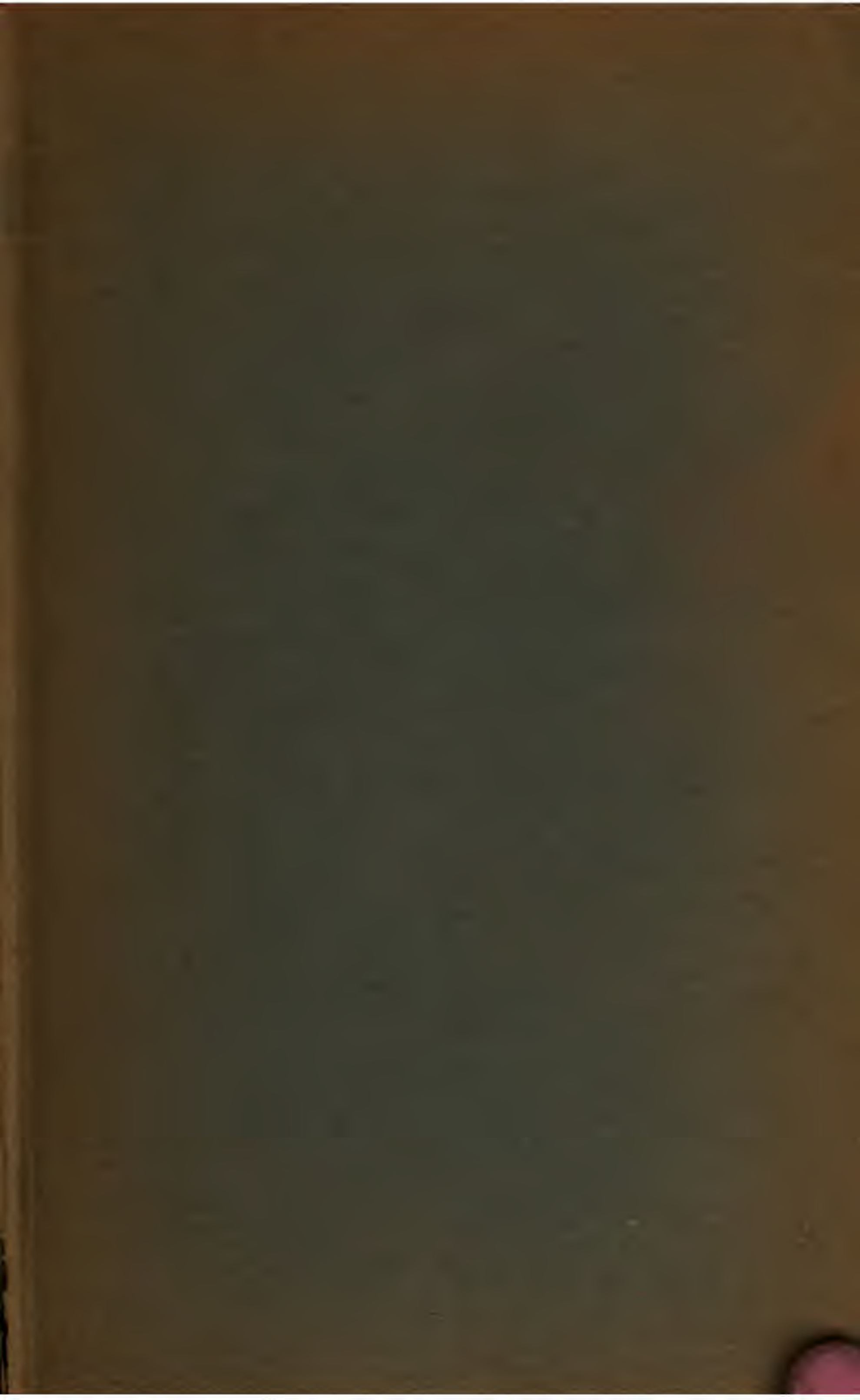
Offert par Mr J. Simon-Legrand

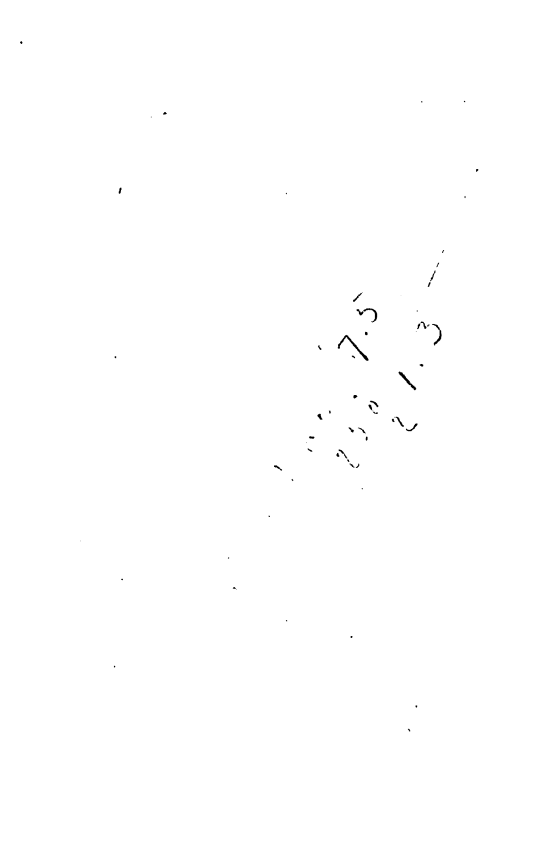
Emile Légier

Manuel de Fabrication du Sucre



From A M Duperu 1874-1944
Ref. Mgr. C & H Eng. Ref. Corp. Crock
See "Chemical Engineering" Apr





A M Dufferin
1902

MANUEL

DE

FABRICATION DU SUCRE

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Traité de la Fabrication de l'Alcool, avec BUCHELER. 2 vol., Paris 1899. — Prix : broché, 40 fr. ; cartonné, 42 fr. 50. Port en sus.

Histoire des Origines de la Fabrication du Sucre en France. En cours de publication dans le journal *La Sucrerie Indigène et Coloniale*.

AMDufeu
1907.

Manuel

de

Fabrication

du Sucre

PAR

Emile LÉGIER,
RÉDACTEUR EN CHEF DE *La Sucrerie Indigène et Coloniale*,
ANCIEN DIRECTEUR DE SUCRERIE,
CHEVALIER DU MÉRITE AGRICOLE.

AVEC 103 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS
Aux Bureaux de *La Sucrerie Indigène et Coloniale*
14, RUE DE BELLEFOND
1900

AVANT-PROPOS

Ecrire un manuel de la fabrication du sucre à une époque comme celle que nous traversons, dans une période où l'évolution de cette industrie est tellement rapide, que les procédés nouveaux aujourd'hui seront démodés demain, peut sembler d'abord d'une hardiesse un peu grande. Cela est tellement vrai que les traités récents sur la fabrication du sucre n'ont pas tardé à vieillir, quels que fussent d'ailleurs l'autorité de leurs auteurs et le développement qu'ils avaient donné à leur œuvre. C'est là le défaut qui appartient à tout ouvrage nouveau qui paraît en pleine période de perfectionnement d'une industrie qu'il a la prétention de renseigner et de décrire. Notre petit *manuel* n'échappera pas à cette critique. Notre but n'a pas été de faire un gros ouvrage didactique, un traité de fabrication du sucre. Notre prétention a été plus modeste et s'est bornée à présenter d'une manière extrêmement succincte, l'état des procédés employés en France et à l'étranger, à la fin de l'année 1899, c'est-à-dire à l'aurore du siècle prochain qui verra peut-être éclore des procédés destinés à révolutionner de fond en comble l'industrie du sucre de betterave.

L'AUTEUR.

Paris, 1er janvier 1900.

MANUEL

DE

FABRICATION DU SUCRE

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

1. — Des conditions d'installation d'une fabrique de sucre

L'installation d'une fabrique de sucre est une opération extrêmement délicate et cette proposition est tellement vraie que l'on peut compter celles où l'approvisionnement est abondant, la main d'œuvre bon marché, les moyens de transports faciles et rapides, l'eau en abondance et de bonne qualité, le combustible bon marché.

L'approvisionnement est certainement le facteur le plus important, mais les autres jouent aussi un grand rôle dans la réussite de l'entreprise. Combien d'usines a-t-on montées dans des régions où le sol était inapte à la culture de la betterave, où les populations ignorantes et routinières ont toujours été rebelles à tout progrès, soit qu'elles ne voulussent pas tenir compte des enseignements de l'expérience, soit que la maladresse des promoteurs ne sût pas se concilier leur confiance.

Une sucrerie doit, avant d'être construite, avoir son approvi-

sionnement assuré par de longs marchés, non à prix fixe, mais à échelle proportionnelle selon le prix du sucre. Il est bien certain, en effet, que le cultivateur qui obtient, par exemple 30 tonnes de betteraves à l'hectare d'une betterave extra riche qui donnera toute satisfaction à l'industriel, dépensera plus en graine, engrais, main d'œuvre que celui qui cultivera la betterave à gros rendement d'autrefois. Plus la betterave est riche et moins, elle exige d'engrais proportionnellement à la betterave pauvre, ou si l'on veut encore, il faut que le terrain soit bien fertile pour la betterave riche, En résumé, la betterave n'emporte pas plus et même moins de principes nutritifs divers que la betterave pauvre. Il faut que le bénéfice qu'en retirera le fabricant de sucre retombe pour une partie et d'une façon équitable sur son fournisseur de betterave.

D'ailleurs, les marchés selon les cours du sucre sont les seuls rationnels et les seuls qui permettent au fabricant de savoir où il va et le bénéfice qu'il est en droit d'espérer.

Donc l'approvisionnement doit être assuré.

Ce point établi, il faut que la betterave qui sera cultivée soit appropriée à la nature du terrain. Telle betterave cultivée à Avignon ne sera pas la même que celle des polders de la Hollande, car leurs conditions de végétation sont toutes différentes. La race de betterave à choisir doit donc être cherchée par des expériences comparatives et multiples.

On doit aussi s'assurer une main d'œuvre abondante, prise autant que possible dans le pays et aux environs de l'usine. On s'assurera aussi un personnel sympathique, on évitera les rixes entre ouvriers de nationalité et de langues souvent différentes et, en outre, le personnel du pays sera moins coûteux. Nous savons bien qu'en France, avec l'exode des ouvriers des campagnes, dans les villes, ce sont des conditions difficiles à remplir surtout dans le centre.

L'emplacement de la sucrerie est une question difficile à résoudre. En général, on la place au centre de l'approvisionnement, sur un canal ou raccordée à une gare de chemin de fer; de préférence entre ces deux moyens de transports. Il nous reviendra toujours le souvenir de plusieurs usines, disparues aujourd'hui, installées au milieu de pâtures et forcées d'aller s'approvisionner à grands frais dans le rayon d'usines

Table donnant la quantité de betteraves travaillées par vingt-quatre heures, heure et minute

BETTERAVES TRAVAILLÉES			BETTERAVES TRAVAILLÉES		
par 24 heures	par heure	par minute	par 24 heures	par heure	par minute
—	—	—	—	—	—
Tonnes	kil.	kil.	Tonnes	kil.	kil.
200	8.333	139	500	20.833	347
210	8.750	146	510	21.250	354
220	9.166	153	520	21.666	361
230	9.583	160	530	22.083	368
240	10.000	167	540	22.500	375
250	10.416	174	550	22.916	382
260	10.833	181	560	23.333	389
270	11.250	187	570	23.750	396
280	11.666	194	580	24.166	403
290	12.083	201	590	24.583	410
300	12.500	208	600	25.000	417
310	12.916	215	610	25.416	424
320	13.333	222	620	25.833	431
330	13.750	229	630	26.250	437
340	14.166	236	640	26.666	444
350	14.583	243	650	27.083	451
360	15.000	250	660	27.500	458
370	15.416	257	670	27.916	465
380	15.833	264	680	28.333	472
390	16.250	271	690	28.750	479
400	16.666	278	700	29.166	486
410	17.083	285	710	29.583	493
420	17.500	292	720	30.000	500
430	17.916	299	730	30.416	507
440	18.333	306	740	30.833	514
450	18.750	312	750	31.250	521
460	19.166	319	760	31.666	528
470	19.583	326	770	32.083	535
480	20.000	333	780	32.500	542
490	20.416	340	790	32.916	549
1	42	069	6	250	417
2	83	139	7	292	486
3	124	208	8	333	555
4	167	278	9	375	625
5	208	347	10	417	694

voisines. Ce sont là des erreurs économiques que les actionnaires ont payées fort cher.

L'eau en abondance est une condition très importante. Combien d'usines, lorsqu'elles installèrent la diffusion, forèrent à grands frais des puits profonds, engloutissant ainsi des sommes considérables, tandis que d'autres s'aperçurent lorsque le puits était foré, qu'il n'y avait pas d'eau et furent obligés d'aller installer à plusieurs kilomètres une pompe au bord d'une rivière. De plus,aussitôt qu'on peut avoir un échantillon de l'eau, il faut la faire analyser et savoir si elle est de bonne qualité. Certaines usines ont oublié ce point important, même après l'installation de tout le matériel et ont eu de graves inconvénients dès le début de la première campagne.

Nous n'en finirions pas si nous devions faire la relation des erreurs commises. La disparition de 200 fabriques en France a pour beaucoup ces erreurs comme cause principale, et la mauvaise administration est souvent due au mauvais emplacement de la sucrerie.

2. — La betterave

La betterave est une plante bisannuelle dont la composition est sujette à de grandes variations dues à de nombreuses causes, parmi lesquelles les principales sont la nature de la graine, le climat, la nature du sol et des engrais, et les conditions climatériques au moment de l'arrachage. On a cherché et on est parvenu à obtenir par la sélection des races de betteraves qui, au point de vue de la richesse et de la fixeté de la race, donnent toute satisfaction au fabricant de sucre et au cultivateur. La densité qu'on peut considérer comme moyenne pour les betteraves actuellement travaillées dans les sucreries est d'environ 1.070. Certaines autorités pensent que, dans l'état actuel de l'industrie sucrière, cette densité n'est pas suffisante pour que le travail s'en fasse avec le minimum de frais généraux, et ils préconisent la betterave à 8°. Pour notre part nous considérons que la vraie solution économique de la question sucrière est dans cette voie ; mais il faut dans ce cas apporter des tempéraments et des modifications au mode d'achat adopté

en France, car on constate que dans les années où les conditions de végétation de la plante n'ont pas été normales et que des périodes prolongées de sécheresse ont modifié la structure anatomique de la plante et la fonction des cellules de la betterave, on constate, disons-nous, que la composition du jus est irrégulière, c'est-à-dire que certaines cellules à parenchyme résistant contiennent de l'eau ou un jus plus pauvre, tandis que les autres cellules renferment le jus. Dans ces conditions, au moment du râpage pour l'essai des racines, ces dernières cellules sont plus facilement déchirées que les autres. Dans ce cas, on obtient un jus plus dense que le jus moyen de la racine et, par suite, la teneur saccharine est faussée. On s'approche bien plus du résultat exact en faisant usage de râpes à dents régulières sans être trop fines qui désagrègent suffisamment le tissu cellulaire. A ce point de vue, plus on emploie des râpes à dents fines ou celles dites à taille Keil, plus le phénomène paraît accentué c'est-à-dire que la différence entre le sucre pour 100 grammes de betteraves et celui calculé par le coefficient 95 est grande.

On doit aussi supprimer les forets et tous instruments donnant la *pulpe analysable à froid par le procédé Pellet* Cette influence de la la composition du jus a été fort bien étudiée autrefois par Pellet.

Il est donc nécessaire, si l'on adopte une betterave très riche de changer les procédés d'achat qui, en France, sont basés presque exclusivement sur la densité et d'employer l'achat à la richesse employé en Belgique et en Hollande, à la satisfaction générale des deux parties. D'ailleurs nous donnerons un peu plus loin les procédés rapides qui permettent d'arriver à ce but.

Composition de la betterave. — La betterave se compose de marc et de jus. Sa teneur en marc varie entre 4 et 7, même peut aller jusqu'à 9 p. 100. Dans des essais exacts, on a determiné le marc par lessivage complet. On peut déterminer simultanément le marc et le sucre par la méthode d'extraction alcoolique de Scheibler. Afin d'éviter l'emploi de méthodes incertaines de dosage du marc, on admet, ce qui est suffisamment exact, que la betterave contient 95 p. 100 de jus et 5 p. 100

de marc. On dose très facilement le marc de la betterave en utilisant la pulpe analysable à froid qu'on lessive à l'eau froide pour la débarrasser de sucre. Cette pulpe est mise dans un petit appareil spécial décrit par Pellet et qu'on trouve chez les principaux fournisseurs des appareils de laboratoires de sucrerie. Comme la quantitéde marc varie avec la nature du véhicule, l'emploi de l'eau froide donne le résultat le plus exact.

Par conséquent, pour obtenir la richesse saccharine de la betterave, il suffit de multiplier par 0,95 la richesse saccharine en poids du jus.

Le marc est constitué par de la cellulose et des cendres, parmi lesquelles la silice et la potasse dominent. Le jus comprend le sucre, l'eau, les cendres et les matières organiques. Ces deux dernières matières se nomment aussi le *non-sucre*. Nous donnerons simplement un aperçu de ces diverses substances. Parmi les matières organiques, on trouve les acides suivants : glycolique, glutarique, oxalique, glyoxylique, malonique, succinique, adipique, tartrique, malique, tricarballylique, aconitique, citrique, oxycitrique, arabique ; plus des corps à fonctions diverses : la métarabine, la parabine, la γ-galactane, la raffinose, le sucre interverti, des pigments colorés, la phytostérine, une résine acide, la vanilline, la coniférine, la pyrocatéchine, la leucine, l'asparagine, le glutamine, la tyrosine, la lécithine, la choline, la bétaïne, des matières albuminoïdes indéterminées, l'acide citrasique.

Les sels sont moins nombreux, ils comprennent les métaux suivants alliés aux acides minéraux et organiques : sodium, calcium, potassium, manganèse, fer, magnésium, aluminium et peut-être lithium. Les acides minéraux sont : les acides sulfurique, phosphorique, chlorhydrique, fluorhydrique, azotique.

Toutes ces substances, dont le nombre s'accroît sans cesse, sont en quantité extrêmement variables, et il serait très difficile de donner la composition moyenne d'une betterave en les faisant toutes intervenir, car quelques-unes, surtout parmi les matières organiques sont des produits pathologiques ou d'altération de la betterave à sucre ou encore d'autres substances organiques. La plus ou moins grande proportion de ces corps influe sur la densité de la betterave et dès lors sur sa

pureté, qui est le rapport de la quantité de sucre à la quantité totale de matières dissoutes, exprimée par 100 dans le jus. Plus ce coefficient est élevé, plus la pureté est grande. On peut dire que le coefficient de pureté ou simplement la pureté d'une betterave varie dans des limites très étendues, soit pour la betterave à sucre de 78 à 92, et le plus ordinairement de 83 à 88.

Nous négligeons à dessein la composition des feuilles de la betterave qui ne rentrent pas à l'usine et qui sont utilisées dans le champ même.

Nous considérons comme une pratique détestable le système de les faire servir à la nourriture des bêtes à cornes ou à laine. Les feuilles de betterave renferment beaucoup de sels et de l'acide oxalique dont l'influence nocive a été fort bien étudiée récemment. Il est donc préférable de laisser ces *fanes* sur le champ et de les enfouir par un labour.

Avant de passer au travail de la betterave, nous examinerons les procédés qui permettent d'en déterminer la valeur.

3. — Dosage du sucre dans la betterave

Les procédés de dosage du sucre dans la betterave sont nombreux. Il y a les *Procédés indirects* et les *Procédes directs*.

PROCÉDÉS INDIRECTS

Procédé avec emploi du saccharimètre. — Les *procédés indirects* sont ceux qui étaient anciennement employés et qui, aujourd'hui ont été en général remplacés par les *Procédés directs*. Néanmoins, comme parfois ils peuvent permettre d'avoir un renseignement approximatif assez rapide de la valeur d'une betterave, nous les décrirons succinctement. Ainsi que l'indique son nom, ce procédé ne dose pas le sucre dans la betterave directement, mais on y parvient indirectement par l'analyse du jus. Ensuite on adopte un coefficient pour passer de la richesse du jus à la richesse de la betterave.

Analyse du jus de betterave. Dosage du sucre. — On prend un échantillon aussi moyen que possible des betteraves à ana-

lyser. Nous n'avons pas besoin de dire que les racines étant séparément de richesse très variable, il est indispensable de faire un grand nombre d'essais journaliers sur 10, 12 ou 20 betteraves pour avoir une richesse moyenne approximative. Chaque betterave est coupée en deux, puis chaque moitié en deux. Les quarts sont passés à la *râpe cylindrique à dents* et la pulpe est fortement pressée (fig. 1). Le jus obtenu est analysé comme il sera dit plus loin.

Au lieu de râpe cylindrique, il est préférable de présenter directement chaque racine à la râpe conique rationnelle de Pellet et Lomont (fig. 2), à l'effet d'obtenir de suite un échantillon moyen prélevé sur toute la longueur de chaque racine. La pulpe mélangée est pressée fortement.

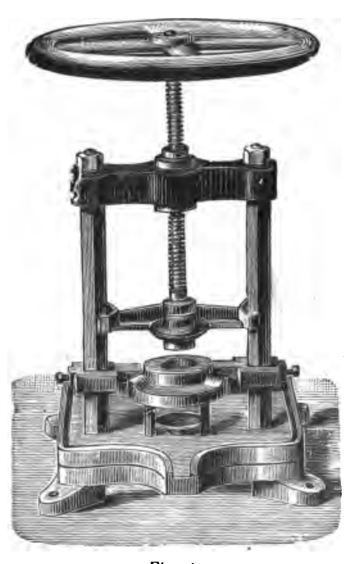


Fig. 1.

Analyse du jus. Densité. — On prend d'abord la densité du jus recueilli à l'aide du densimètre ordinaire. Mais pour la sucrerie la graduation n'est pas complète. On ne met pas par exemple 1000 — pour la densité de l'eau. On marque le point 0. Pour 1010 on ne met que le chiffre 1, c'est-à-dire que la graduation lue doit être augmentée de 10 avant le degré constaté. Ainsi en lisant sur le densimètre 5°,7, la densité exacte est 105,7 ou 105 gr. 7 les 100 centimètres cubes. On dit plus couramment 1057. Et ensuite on indique les dixièmes. Ainsi le degré de 6.74 est transformé en 1067°,4. C'est le poids du litre du jus essayé.

On note la température et on corrige le degré lu d'après la table suivante de Dupont. La prise de la densité doit se faire sur du jus qu'on a laissé quelques minutes en repos.

Le plus généralement on reçoit le jus dans une éprouvette ou un vase ayant un robinet à quelques centimètres au-dessus

du fond. Les impuretés solides se déposent, la mousse remonte et par le robinet on décante le jus reposé dans une éprouvette spéciale.

Dosage du sucre cristallisable. — On mesure dans un ballon spécial de 100-110 centimètres cubes, 100 centimètres cubes de jus ; on complète le volume jusqu'à 110 centimètres cubes avec du sous-acétate de plomb. On agite, on filtre et on examine au



Fig. 2

saccharimètre le liquide clair mis dans un tube de 200 millimètres de longueur.

Au nombre trouvé on ajoute 1/10 ou on le multiplie directement par 0,1792 pour le polarimètre Laurent ou par 0,28653 pour le polarimètre allemand. Si l'on a ajouté le dixième, ces deux facteurs sont 0,163 et 0,26048. On obtient ainsi le sucre dans 100 centimètres cubes. Pour transformer en poids on divise le sucre par hectolitre par la densité.

Table de correction des densités des jus de betteraves

Usage de cette table : Chercher dans la colonne verticale à gauche la température
l'instrument : au point d'intersection des deux colonnes

TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES	5°	5°1	5°2	5°3	5°4	5°5	5°6	5°7	5°8	5°9	6°	6°1	6°2	6°3	6°4	6°5
1	4,725	4,825	4,925	5,035	5,125	5,225	5,325	5,45	5,55	5,65	5,725	5,825	5,925	6,025	6,125	6,225
2	4,725	4,85	4,95	5,05	5,150	5,250	5,350	5,45	5.55	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25
3	4,75	4,85	4,95	5,05	5,15	5 275	5,375	5,475	5.575	5.675	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25
4	4,75	4,875	4,975	5,075	5.175	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5,975	6,073	6,175	6,275
5	4,775	4,9	5,0	5,1	5,2	5 3	5,4	5,5	5,6	5.7	5,8	5,9	56.0	6.1	6,2	6,3
6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,225	5.325	5.425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,025	6,125	6,225	6,325
7	4,8	4,925	5,025	5,125	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,950	6.05	6,15	6,25	6,35
8	4,825	4.95	5.05	5,15	5,25	5,35	5,45	5,550	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25	6,35
9	4,85	4,975	5,075	5,175	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5.975	6,075	6,175	6.275	6.375
10	4,875	4,975	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5.6	5,7	5,8	5,9	6,	6,1	6,2	6,3	6,4
11	4.9	5.0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,525	5,625	5,725	5.825	5,925	6,025	6,125	6,225	6,325	6,425
12	4,925	5,025	5,125	5.225	5,325	5.425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,05	6,15	6,25	6,35	6,455
13	4,950	5,05	5,15	5,25	5,35	5,45	5,55	5.65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25	6,375	6,475
14	4,975	5,075	5,175	5,275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,7.5	5,875	5,975	6,075	6,175	6,275	6,375	6,475
15	**5°**	**5°1**	**5°2**	**5°3**	**5°4**	**5°5**	**5°6**	**5°7**	**5°8**	**5°9**	**6°**	**6°1**	**6°2**	**6°3**	**6°4**	**6°5**
16	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,925	6,025	6,125	6,225	6,325	6,425	6,525
17	5,025	5,125	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,045	6,15	6,25	6,35	6,45	6,550
18	5,05	5,150	5,25	5,35	5,45	5.55	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05	6,15	6,25	6,35	6.45	6,550
19	5,075	5,15	5,275	5.35	5,475	5.575	5,675	5,775	5.875	5,975	6,075	6,175	6,275	6,375	6,475	6,575
20	5,1	5,175	5,275	5,375	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6.2	6,3	6,4	6,5	6,6
21	5,1	5.2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6.025	6,12	6,225	6,325	6,425	6.525	6,625
22	5,125	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6.025	6,155	6,25	6,35	6,45	6,55	6,650
23	5,15	5,250	5,35	5,45	5,55	5,65	5,750	5,85	5,95	6,05	6,175	6,275	6,375	6,475	6,575	6,775
24	5,175	5,275	5.375	5,475	5.575	5,675	5,775	5,875	5,975	6,075	6,2	6,3	6.4	6,5	6,6	6,7
25	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5.8	5,9	6.0	6,1	6.225	6,325	6,425	6,525	6,625	6.725
26	5,225	5,325	5,425	5,525	5,625	5,725	5,825	5,925	6,025	6,125	6,25	6,35	6,45	6,55	6,65	6,750
27	5.25	5,35	5,45	5,55	5,65	5,75	5,85	5,95	6,05.	6.15	6,275	6,375	6,475	6,575	6,675	6,775
28	5.275	5,375	5,475	5,575	5,675	5,775	5,875	5.975	6,075	6.175	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6.8
29	5.3	5,4	5,5	5,7	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,325	6,425	6.525	6,625	6,725	6,825
30	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,925	6,025	6,125	6,225	6,35	6,45	6,55	6,65	6,75	6,850

Le résultat, par suite de la présence du précipité plombique et de la présence de matières polarisant à droite, est un peu trop élevé. En pratique l'erreur qui peut atteindre 0,1 à 0,3 est négligée. Scheibler indique de faire une correction de 0,17 p. 100 de sucre.

RICHESSE DE LA BETTERAVE D'APRÈS LA DENSITÉ DU JUS

Quoique la richesse de la betterave ne soit pas toujours exactement en rapport avec la densité du jus, on observe néanmoins qu'en moyenne il y a une certaine relation. Aussi a-t-on pu dresser des tables de concordance qui peuvent rendre quelques services (Pagnoul, Petrucci, Pellet.)

suivant les températures d'après F. Dupont

observée et dans la colonne horizontale supérieure la densité marquée par lire le chiffre de la densité ramenée à 15° C.

6°6	6°7	6°8	6°9	7°	7°1	7°2	7°3	7°4	7°5	7°6	7°7	7°8	7°9	8°	TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES
6,325	6,425	6,525	6,625	6,725	6,825	6,925	7,	7,1	7,2	7,3	7,4	7,475	7,575	7,075	1
6,35	6,450	6,55	6,65	6,75	6,85	6.95	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,5	7,6	7,7	2
6.35	6,450	6,55	6,65	6,75	6,85	6,95	7,05	7,15	7,250	7,35	7,45	7,525	7,625	7,725	3
6,375	6,475	6,575	6,675	6,775	6,875	6,975	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,55	7,65	7,75	4
6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,575	7,675	7,775	5
6,425	6,525	6,625	6,725	6.825	6,925	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,6	7,7	7,8	6
6,45	6.55	6.65	6,75	6,85	6,95	7,05	7,15	7,25	7,35	7,45	7,55	7,625	7,725	7,825	7
6,45	6.575	6,675	6,75	6,85	6,95	7.05	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,65	7,75	7,85	8
6,475	6,575	6,675	6,775	6,875	6,975	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	9
6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	10
6,525	6,625	6,725	6,825	6,925	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	11
6,55	6,65	6,75	6,85	6,95	7,05	7,15	7,25	7,35	7,45	7,55	7,65	7,750	7,85	7,95	12
6,575	6,675	6,75	6,875	6,975	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	13
6,575	6,675	6,775	6,875	6,975	7,075	7,175	7.275	7,375	7,475	7,575	7,6.5	7,775	7,	8,	14
6°6	6°7	6°8	6°9	7°	7°1	7°2	7°3	7°4	7°5	7°6	7°7	7°8	7°9	8°	15
6,625	6,725	6,825	6,925	7,025	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	8,025	16
6,65	6,750	6,850	9,950	7,050	7,150	7,250	7,350	7,45	7,55	7,65	7,75	7,85	7,95	8,05	17
6,65	6.750	6,850	6,950	7,075	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	8,075	18
6,675	6,775	6,875	6,975	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,	19
6,7	6,8	6,9	7,	7,125	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	8,025	8,125	20
6,725	6,825	6,925	7,025	7,150	7,250	7,350	7,45	7,545	7,65	7,75	7,85	7,95	8,05	8,150	21
6,75	6,850	6,950	7,050	7,175	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	8,075	8,175	22
6,775	6,875	6,975	7,075	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,1	8,2	23
6,8	6.9	7,	7,1	7,225	7,325	7,425	7,525	7,625	7,725	7,825	7,925	8,025	8,125	8,225	24
6,825	6,925	7,025	7.125	7,250	7,350	7,450	7,550	7,65	7,75	7,85	7,95	8,050	8,15	8,25	25
6,85	6,950	7,050	7,150	7,275	7,375	7,475	7,575	7,675	7,775	7,875	7,975	8,075	8,175	8,275	26
6,875	6,975	7,075	7,175	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,1	8,2	8,3	27
6,9	7,	7,1	7,2	7,325	7,450	7,525	7,625	7,750	7,85	7,950	8,05	8,15	8,25	8,350	28
6,925	7,025	7,125	7,225	7,375	7,475	7,575	7,65	7,775	7,875	7,975	8,075	8,175	8,275	8,355	29
6,95	7,050	7,150	7,250	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,	8,1	8,2	8,3	8.4	30

Le tableau suivant simplifie les calculs lorsqu'on veut passer de la richesse du jus par hectolitre à la richesse pour 100 kil. de betteraves.

Il est basé sur la formule suivante : Sucre dans la betterave = sucre par hectol. $\times \frac{95}{100 \times D}$ Or, si l'on calcule le facteur $\frac{100\ D}{95} = L$, il suffira de multiplier le sucre par hectolitre par L.

Par exemple un jus contient 15 kil. de sucre par hectolitre. La richesse de la betterave sera $15 \times 0.884 = 13.26$, si la densité est 1,075.

D	L	D	L	D	L	D	L
1.050	0.905	1.060	0.896	1.070	0.888	1.080	0.88
1	0.904	1	0.895	1	0.887	1	0.8795
2	0.903	2	0.8945	2	0.8865	2	0.8785
3	0.9025	3	0.8935	3	0.8855	3	0.8775
4	0.9015	4	0.893	4	0 885	4	0.877
5	0.9005	5	0.892	5	0.884	5	0.876
6	0.8995	6	0.891	6	0.883	6	0.875
7	0 899	7	0.8905	7	0.882	7	0.8745
8	0.898	8	0.8895	8	0.8815	8	0.8735
9	0.897	9	0.889	9	0.881	9	0.873

Tableau de concordance entre la densité réelle ou poids du litre à + 15°, les degrés Vivien et les degrés Brix-Dupont à + 15°.

Densité réelle ou poids du litre à + 15°	Degrés Vivien ou sucre p. °/₀ cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre p. 100 gr.	Densité réelle ou poids du litre à + 15°	Degrés Vivien ou sucre p. °/₀ cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre p. 100 gr.	Densité réelle ou poids du litre à + 15°	Degrés Vivien ou sucre p. °/₀ cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre p. 100 gr.
99.8	0.000	0.000	3.3	8.849	8.565	6.8	18.016	16.869
99.6	0.000	0.000	3.4	9.110	8.809	6.9	18 280	17 090
100.»	0.219	0.219	3.5	9.371	9.054			
100.1	0.480	0.479	3.6	9.633	9.298	107.»	18.544	17.330
0.2	0.742	0.738	3.7	9.894	9 541	7.1	18.810	17.502
0.3	1.003	0.997	3.8	10.155	9.783	7.2	19.076	17.794
0.4	1.265	1.255	3.9	10.416	10.026	7.3	19.342	18.025
0.5	1.526	1.518				7.4	19.608	18.257
0.6	1.788	1.776	104.»	10.678	10.267	7.5	19.874	18.487
0.7	2.049	2.034	4.1	10.939	10.508	7.6	20.140	18.716
0.8	2.311	2.291	4.2	11.200	10.748	7.7	20 406	18.945
0.9	2.572	2.548	4.3	11.461	10.988	7.8	20.672	19.174
			4.4	11.722	11.227	7.9	20.938	19.403
100.»	2.834	2.805	4.5	11.984	11.467			
1.1	3 097	3.064	4.6	12.245	11.706	108.»	21.204	19.663
1.2	3.360	3.320	4.7	12.506	11.944	8.1	21 467	19.858
1.3	3.623	3.576	4.8	12.767	12.182	8.2	21.739	20.083
1.4	3.885	3.832	4.9	13.028	12.420	8.3	21.993	20.307
1.5	4.147	4.085				8.4	22 256	20.530
1.6	4.410	4.338	105 »	13.290	12.658	8.5	22 519	20.754
1.7	4.675	4.590	5.1	13.552	12.895	8.6	22.872	20.977
1.8	4.932	4.842	5.2	13.814	13.131	8.7	23.045	21.199
1.9	4.194	5.093	5.3	14.076	13.367	8.8	23.308	21.421
			5.4	14.338	13.602	8.9	23.571	21.642
102 »	5.453	5.346	5.5	14.600	13.838			
2.1	5.714	5.596	5.6	14.862	14.073	109.»	23.833	21.865
2.2	5.975	5.846	5.7	15.124	14.308	9.1	24.094	22.084
2.3	6.236	6.095	5.8	15.386	14.542	9.2	24.356	22.303
2.4	6.497	6.343	5.9	15.649	14.777	9.3	24.617	22.521
2.5	6.758	6.592				9.4	24.879	22 541
2.6	7.020	6.841	106.»	19.912	15.011	9 5	25.141	22.959
2.7	7.281	7.089	6.1	16.175	15.245	9.6	25.402	23.177
2.8	7.542	7.336	6.2	16.438	15.477	9.7	25.661	23.395
2.9	7.801	7.583	6.3	16.701	15.710	9.8	25.925	23.612
			6.4	16.964	15.943	9.9	26.187	23.829
103.»	8.066	7.831	6.5	17.227	15.175			
3.1	8.327	8.076	6.6	17.490	15.407	110.»	26.450	24.045
3.2	8.588	8.321	6.7	17.753	15.638			

Comparaison entre les degrés saccharométriques (Brix-Dupont et Vivien) les poids spécifiques et les degrés Baumé pour les dissolutions de sucre à la température de 15° C.

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé — Nouveaux corrigés	Degrés Baumé — Anciens
0,0	0,0	0,99916	0,0	0,0
0,1	0,1	0,99958	0,1	0,1
0,2	0,2	0,99989	0,1	0,1
0,3	0,3	1,000	0,2	0,2
0,4	0,4	1,000	0,2	0,2
0,5	0,5	1,001	0,3	0,3
0,6	0,6	1,001	0,3	0,3
0,7	0,7	1,002	0,4	0,4
0,8	0,8	1,002	0,4	0,4
0,9	0,9	1,003	0,5	0,5
1 »	1 »	1,003	0,6	0,55
1,1	1,1	1,003	0,6	0,6
1.2	1,2	1,003	0,65	0,65
1,3	1,3	1,004	0,7	0,7
1,4	1,4	1,004	0,75	0,75
1.5	1,5	1,004	0,8	0,8
1.6	1,6	1,005	0,9	0,9
1,7	1,7	1,005	0,9	1,0
1,8	1,82	1,006	1 »	1,0
1.9	1,92	1,006	1,1	1,1
2 »	2,02	1,007	1,1	1,1
2,1	2,12	1,007	1,2	1,2
2.2	2,22	1,008	1,2	1,2
2,3	2,32	1,008	1,3	1,3
2,4	2,42	1,008	1,3	1,3
2.5	2,52	1,009	1,4	1,4
2.6	2,62	1,009	1,5	1,4
2.7	2,73	1,009	1,5	1,5
2.8	2,84	1,010	1,5	1,5
2.9	2,94	1,010	1,6	1,6
3 »	3,04	1.010	1,7	1,75
3.1	3,14	1,011	1,7	1,7
3.2	3,24	1,012	1,8	1,7
3.3	3,35	1,012	1,8	1,8
3.4	3,45	1,012	1,9	1,9
3.5	3,55	1,013	1,9	1,9
3.6	3,65	1,013	2 »	2 »
3.7	3,76	1,014	2,1	2 »
3.8	3,86	1,014	2,1	2,1
3.9	3,97	1,014	2,2	2,2
4 »	4,07	1,014	2,2	2,2
4.1	4.18	1,015	2,3	2,3
4.2	4,28	1,015	2,4	2,3
4.3	4,38	1,016	2,4	2,4
4.4	4,48	1,016	2,5	2,45
4.5	4,58	1.017	2,55	2,50
4.6	4.69	1,017	2,6	2,55
4,7	4,79	1,017	2,6	2,6
4,8	4.89	1,018	2,7	2,65
4,9	4,99	1,018	2,8	2, 7
5 »	5,10	1,018	2,9	2, 8
5,1	5,2	1,019	3 »	2,9
5,2	5,3	1,019	3 »	2,9
5,3	5,4	1,020	3,05	2,9
5,4	5,51	1,020	3,1	2,95
5,5	5,61	1,021	3,1	2,9
5,6	5,72	1,021	3,2	3,1
5,7	5,83	1,022	3,25	3,1
5,8	5,93	1,022	3,3	3,2
5,9	6,03	1,023	3,4	3,3
6 »	6,13	1,023	3,45	3,3
6,1	6,23	1,024	3,5	3,4
6,2	6,33	1,024	3,5	3,4
6,3	6,44	1,025	3,55	3,4
6,4	6,56	1,025	3,6	3,5
6,5	6,66	1,025	3,7	3,6
6,6	6,77	1,025	3,75	3,6
6,7	6,87	1,026	3,8	3,7
6,8	6,98	1,026	3,85	3,7
6,9	7,08	1,027	3,9	3,8
7 »	7,19	1,027	3,95	3,35
7,1	7,30	1,027	4 »	3,9
7,2	7,40	1,028	4,1	4 »
7,3	7,50	1,028	4,1	4 »
7,4	7,61	1,028	4,2	4,1
7,5	7,71	1,029	4,2	4,1
7,6	7,82	1,029	4,3	4,2
7,7	7,93	1,029	4,35	4,25
7,8	8,01	1,030	4,4	4,3
7,9	8,15	1,030	4,5	4,4
8 »	8,25	1,031	4,5	4;4
8,1	8,35	1,031	4,6	4,5
8,2	8,46	1,032	4,6	4,5
8,3	8,57	1,032	4,7	4,6
8,4	8,68	1,032	4,7	4.6
8,5	8,79	1,033	4,8	4,7
8,6	8,89	1,033	4,85	4,75
8,7	8,99	1,033	4,9	4,8
8,8	9,11	1,034	4,95	4,85
8,9	9,22	1,035	5 »	4,9
9 »	9,32	1,035	5,1	5 »
9,1	9,4	1,035	5,2	5,05
9,2	9,5	1,036	5,2	5,1
9,3	9,6	1,036	5,3	5,15
9,4	9,75	1,037	5,3	5,2
9,5	9,86	1,037	5,4	5,25
9,6	9,97	1,037	5,4	5,3
9,7	10,08	1,038	5,45	5,35
9,8	10,18	1,038	5.5	5,4
9,9	10,28	1,038	5,55	3.45
10 »	10,39	1,039	5,6	5,5
10,1	10,50	1,039	5,7	5,6
10,2	10,60	1,040	5,7	5,6
10,3	10,71	1,040	5,8	5,7
10,4	10,82	1,040	5,85	5.75
10,5	10,93	1,041	5,9	5.80
10,6	11,04	1,042	6 »	5,85
10,7	11,16	1,042	6,1	5.9
10,8	11,27	1,042	6,1	6 »
10,9	11,37	1,043	6,15	6 »
11 »	11,48	1,043	6,2	6,1
11,1	11,59	1,043	6,2	6.1
11,2	11,71	1,044	6,3	6,2

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens
11,3	11,81	1,044	6,4	6,25
11,4	11,91	1,045	6,45	6,30
11,5	12,02	1,045	6,5	6,35
11,6	12,13	1,045	6,55	6,40
11,7	12,25	1,046	6,6	6,50
11,8	12,36	1,046	6,65	6,5
11,9	12,46	1,046	6,7	6,6
12 »	12,57	1,047	6,75	6,65
12,1	12,68	1,048	6,8	6,7
12,2	12,79	1,048	6,85	6,75
12,3	12,90	1,048	6,95	6,8
12,4	13,02	1,049	7 »	6,85
12,5	13,11	1,050	7,1	6,9
12,6	13,23	1,050	7,15	6,95
12,7	13,33	1,050	7,2	7 »
12,8	13,46	1,051	7,2	7 »
12,9	13,56	1,051	7,2	7,1
13 »	13,66	1,051	7,3	7,2
13,1	13,79	1,052	7,4	7,25
13,2	13,89	1,052	7,4	7,3
13,3	14,02	1,053	7,5	7,35
13,4	14,12	1,053	7,5	7,4
13,5	14,23	1,054	7,6	7,45
13,6	14,34	1,054	7,6	7,5
13,7	14,44	1,054	7,7	7,55
13,8	14,55	1,055	7,75	7,6
13,9	14,66	1,055	7,8	7,65
14 »	14,77	1,056	7,9	7,7
14,1	14,89	1,056	7,9	7,9
14,2	15 »	1,056	8 »	7,9
14,3	15,12	1,057	8,1	7,9
14,4	15,23	1,058	8,2	7,9
14,5	15,35	1,058	8,1	8 »
14,6	15,45	1,058	8,3	8 »
14,7	15,56	1,059	8,3	8,1
14,8	15,67	1,059	8,35	8,2
14,9	15,78	1,059	8,4	8,2
15 »	15,90	1,060	8,4	8,3
15,1	16 »	1,060	8,5	8,3
15,2	16,13	1,060	8,5	8,4
15,3	16,23	1,061	8,55	8,4
15,4	16,35	1,061	8,3	8,5
15,5	16,47	1,062	8,6	8,55
15,6	16,58	1,062	8,7	8,6
15,7	16,70	1,063	8,8	8,65
15,8	16,81	1,063	8,9	8,7
15,9	16,93	1,064	8,95	8,75
16 »	17,04	1,064	9,0	8,8
16,1	17,16	1,064	9 »	8,9
16,2	17,26	1,065	9,1	8,95
16,3	17.37	1,066	9,2	7 »
16,4	17,49	1,066	9,3	9,05
16,5	17,60	1.067	9,3	9,01
16,6	17,72	1,067	9,35	9,15
16,7	17,83	1,067	9,4	9,2
16,8	17,96	1,068	9,4	9.25
16,9	17,07	1,068	9,5	9.3
17 »	14,18	1,069	9,55	9,35
17,1	18.29	1,069	9,6	9.45
17,2	18,40	1,070	9,6	9.5
17,3	18,53	1,070	9,7	9,55

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens
17,4	18,64	1,070	9,8	9,6
17,5	18,75	1,071	9,9	9,7
17,6	18,86	1,072	9,9	9,75
17,7	18,98	1,072	10 »	9,8
17,8	19,09	1,073	10 »	9,85
17,9	19,20	1,073	10 »	9,9
18 »	19,33	1,073	10,1	9,9
18,1	19,45	1,073	10,1	9,9
18,2	19,56	1,073	10,2	10 »
18,3	19,60	1,073	10,2	10 »
18,4	19,78	1,074	10,3	10,1
18,5	19,89	1,075	10,4	10,2
18,6	20,00	1,075	10,4	10,2
18,7	20,12	1,075	10,5	10,2
18,8	20,24	1,076	10,5	10,3
18,9	20,36	1,076	10,6	10,3
19 »	20,47	1,077	10,6	10,4
19,1	20,58	1,077	10,6	10,5
19,2	20,69	1,077	10,7	10,6
19,3	20,81	1,078	10,7	10,6
19,4	20,92	1,078	10,8	10,7
19,5	21,03	1,079	10,9	10,7
19,6	21,15	1,079	11 »	10,8
19,7	21,27	1,080	11,1	10,9
19,8	21,38	1,080	11,1	10,9
19,9	21,59	1,081	11,1	11 »
20 »	21,60	1,081	11,2	11 »
20,2	21,85	1,082	11,3	11,1
20,4	22,09	1,083	11,4	11,2
20,5	22,21	1,084	11,5	11,3
20,6	22,33	1,084	11,6	11,4
20,8	22,57	1,085	11,7	11,5
21 »	22,81	1,085	11,8	11,6
21,2	23,05	1,086	11,8	11,6
21,4	23,29	1,087	11,9	11,7
21,5	23,40	1,088	12 »	11,8
21,6	23,50	1,088	12,1	11,9
21,8	23,75	1,089	12,25	12 »
22 »	24 »	1,090	12,3	12,1
22,2	24,24	1,091	12,4	12,2
22,4	24,47	1,091	12,5	12,3
22,5	24,59	1,092	12,6	12,4
22,6	24,71	1,092	12,7	12,5
22,8	24,95	1,093	12,8	12,5
23 »	25,20	1,094	12,85	12,6
23,2	25,43	1,095	12,9	12,7
23,4	25,67	1,096	13 »	12,8
23,5	25,79	1,097	13,1	12,9
23,6	25,90	1,098	13,2	13 »
23,8	26,15	1,099	13,3	13,1
24 »	26,40	1,100	13.5	13,2
24,2	26,63	1,101	13,6	13,3
24,4	26,88	1,102	13,7	13,4
24,5	27 »	1,103	13,7	13,5
24,6	27,12	1,103	13,8	13,6
24,8	27,37	1,104	13,9	13,7
25 »	27,62	1,104	14 »	13,8
25,2	28.06	1,105	14,1	13.9
25,4	28.12	1,106	14,2	14 »

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé: Nouveaux corrigés	Degrés Baumé: Anciens
25,5	28,24	1,107	14,3	14,1
25,6	28,36	1,107	14,4	14,2
25,8	28,61	1,108	14,6	14,3
26 »	28,86	1,109	14,7	14,4
26,2	29,11	1,110	14,8	14,5
26,4	29,36	1,111	14,9	14,6
26.5	29,49	1,112	15 »	14,7
26,6	29,61	1,113	15,1	14,8
26,8	29,86	1,114	15,2	14,9
27 »	30,11	1,115	15,3	15 »
27,2	30,36	1,116	15,4	15,1
27,4	30,61	1,117	15,5	15,2
27,5	30,74	1,117	15,6	15,3
27.6	30,86	1,118	15,7	15,4
27,8	31,11	1,120	15,8	15,5
28 »	31,37	1,120	15,9	15,6
28,2	31,62	1,121	16 »	15,7
28,4	31,88	1,122	16,1	15,8
28.5	32 »	1,122	16,2	15,9
28.6	32,13	1,123	16,3	16 »
28.8	32,39	1,124	16,4	16,1
29 »	32,64	1,125	16,5	16,2
29.2	32,90	1,126	16,6	16,3
29,4	33,16	1,127	16.7	16,4
29.5	33,29	1,128	16.8	16,5
29.6	33,42	1,129	16,9	16.6
29.8	33.68	1,130	17 »	16,7
30 »	33,94	1,131	17,1	16,8
30.2	34,20	1,132	17,2	16,9
20,4	34.46	1,133	17,3	17 »
30.5	34.59	1,134	17,4	17,1
30.6	34,72	1,135	17,5	17.2
30.8	34,98	1,136	17.6	17,3
31 »	35,25	1,137	17,7	17,4
31.2	35,53	1,138	17,8	17.5
31.4	35,81	1,139	17,9	17,6
31.5	35,95	1,139	18 »	17,7
31.6	36,10	1,140	18,1	17,8
31.8	36.36	1,141	18.2	17,9
32 »	36,54	1,141	18,3	18 »
32.2	36,80	1,142	18,4	18,1
32 4	37.06	1,143	18,5	18,2
32.5	37,20	1,144	18,6	18,3
32.6	37,32	1,145	18,7	18,4
32.8	37,60	1,146	18,8	18,5
33 »	37,83	1,147	18,9	18,6
33.2	38,12	1,148	19 »	18,7
33.4	38.40	1,149	19,1	18,8
33.5	38.50	1,149	19,2	18,9
33.6	38.65	1,150	19,3	19 »
33.8	38,90	1,150	19.4	19,1
34 »	39,18	1,151	19,5	19,1
34.2	39.44	1,152	19.6	19,2
34.4	39.70	1,153	19,7	19,3
34,5	39.83	1,154	19,8	19,4
34.6	39,96	1,155	19,9	19,5
34.8	40,23	1,156	20 »	19,6
35 »	40,50	1,156	20,1	19,7

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé: Nouveaux corrigés	Degrés Baumé: Anciens
35,2	40,75	1,157	20,2	19,7
35,4	41,02	1,158	20,3	19,8
35,5	41,15	1,158	20,3	19,9
35,6	41,30	1,159	20,4	20 »
35,8	41,65	1,160	20,5	20,1
36 »	41,82	1,161	20,6	20,2
36,2	42,09	1,162	20,7	20,3
36,4	42,36	1,163	20,8	20,4
36,5	42.50	1,164	20,9	20,5
36,6	42.63	1,164	20,9	20,5
36,8	42.90	1,165	21,0	20,6
37 »	43,17	1,166	21,1	20,7
37,2	43,45	1,167	21,2	20,8
37,4	43.70	1,168	21,3	20,9
37,5	43.85	1,169	21,4	21 »
37,6	44 »	1,170	21,5	21,1
37,8	44,25	1,171	21,6	21,2
38 »	44,52	1,171	21,6	21,2
38,2	44,80	1,172	21,7	21,3
38,4	45,07	1,173	21,8	21,4
38,5	45,21	1,174	21,9	21,5
38,6	45,35	1,175	22,0	21,6
38,8	45,63	1,176	22,1	21,7
35 »	45,90	1,176	22,2	21,8
39,2	46,17	1,177	22,3	21,9
39,4	46,45	1,178	22,4	22 »
39,5	46,58	1,179	22,5	22,1
39,6	46,72	1,180	22,6	22,2
39,8	47 »	1,181	22,7	22,3
40 »	47,27	1,182	22,7	22,3
40.2	47,55	1,183	22,8	22,4
40,4	47,82	1,183	22,9	22,5
40,5	47,95	1,184	23 »	22,6
40,6	48,10	1.185	23,1	22,6
40,8	48,40	1,186	23,1	22,7
41 »	48,56	1,187	23,2	22,8
41.2	48,95	1,188	23,3	22,9
41,4	49,22	1,188	23,4	23 »
41,5	49,36	1,189	23,5	23,1
41,6	49.40	1,190	23,6	23,2
41,8	49,80	1,191	23,7	23,3
42 »	50,07	1,192	23,8	23,4
42,2	50,35	1,193	23,9	23,5
42,4	50,63	1,193	24 »	23,6
42,5	50,77	1,194	24,1	23,6
42,6	50,90	1,195	24,1	23,7
42,8	51,20	1,196	24,2	23,8
43 »	51,47	1,197	24,3	23,9
43,2	51,76	1,198	24,5	24 »
43,4	52,05	1,198	24,55	24,1
43,5	52,20	1,199	24,6	24,1
43,6	52,35	1,200	24,7	24,2
43,8	52,68	1,201	24,8	24,3
44 »	52,92	1,202	24,9	24,4
44,2	53,20	1,203	25 »	24,5
44,4	53,50	1,204	25,1	24,6
44,5	53,63	1,205	25,2	24,7
44,6	53,78	1,206	25,3	24,8

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé Nouveaux corrigés	Degrés Baumé Anciens	Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé Nouveaux corrigés	Degrés Baumé Anciens
44,8	54,06	1,207	25,4	24,8	54,8	69 »	1,258	30,1	29,5
45 »	54,35	1,208	25,4	24,9	55 »	69,30	1,259	30,2	29,6
45,2	54,65	1,208	25,5	25 »	55,2	69,60	1,260	30,3	29,7
45,4	54,93	1,209	25,6	25,1	55,4	69,95	1,261	30,4	29,8
45,5	55,08	1,210	25,6	25,1	55,5	70,10	1,262	30,5	29,9
45,6	55,22	1,211	25,7	25,2	55,6	70,25	1.263	30,6	30 »
45,8	55,30	1,212	25,8	25,3	55,8	70,60	1.264	30.7	30.1
45 »	55,80	1,213	25,9	25,4	56 »	70.90	1,264	30,8	30,2
46,2	56,10	1,214	26 »	25,5	56,2	71.20	1,265	30,8	30,3
46,4	56,40	1,215	26.1	25,6	56,4	71.55	1.266	31,05	30.4
46,5	56,54	1,216	26,2	25,7	56,5	71.70	1.267	31,2	30,5
46,6	56,68	1,216	26,3	25,8	56,6	71,85	1,268	31,2	30.6
46,8	56,97	1,217	26,4	25,9	56,8	72,17	1,269	31,3	30,7
47 »	57,27	1,218	26,5	26 »	57 »	72,48	1,270	31,4	30,8
47,2	57,57	1,219	26,6	26,1	57,2	72,80	1,271	31,5	30,9
47.4	57,86	1,220	26,6	26,1	57,4	73,30	1,272	31,6	31 »
47,5	58,00	1,221	26,7	26,2	57,5	73.30	1,273	31,7	31.1
47.6	58,16	1,222	26,8	26,3	57,6	73,45	1,274	31,8	31,2
47,8	58,46	1,222	26,9	26,4	57,8	73,75	1,275	31,8	31.2
48 »	58,75	1,223	27 »	26,5	58 »	74.10	1,276	31,9	31,3
48,2	59,05	1,224	27,1	26,6	58,2	74.40	1,276	31,9	31,3
48,4	59,34	1,225	27,2	26,7	58,4	74.75	1,277	32 »	31,4
48,5	59,50	1,226	27,3	26,8	58,5	74,90	1,278	32,1	31.5
48,6	59,64	1,227	27,3	26,8	58,6	75,05	1.279	32,2	31.6
48,8	59,94	1,228	27,4	26,9	58,8	75,40	1,280	32,3	31,7
49 »	60,23	1,229	27,5	27 »	59 »	75,70	1,281	32,4	31,8
49,2	60,53	1,230	27,6	27,1	59,2	76 »	1.282	32,5	31,9
49,4	60,84	1,231	27,7	27,2	59,4	76.35	1,283	32,6	32 »
49,5	61,00	1,232	27,7	27,2	59,5	76,50	1,284	32,7	32,05
49,6	61,14	1,233	27,8	27,3	59,6	76,70	1,285	32,7	32,1
49,8	61,45	1,234	27,9	27,4	59,8	77 »	1.286	32,8	32,2
50 »	61,75	1,235	28 »	27,5	60 »	77,35	1,287	32,9	32,3
50,2	62,05	1,236	28.1	27,6	60,2	77,65	1,289	33 »	32,4
50,4	62,35	1,237	28,2	27,7	60,4	78 »	1.290	33,2	32.5
50,5	62,50	1,238	28,3	27,8	60,5	78,16	1,291	33,2	32.6
50,6	62,67	1,238	28,4	27,9	60.6	78,33	1,292	33,35	32.6
50,8	62,97	1,239	28,5	28,0	60,8	78,66	1,293	33,45	32,7
51 »	63,28	1,240	28,6	28,1	61 »	78,99	1,293	33,5	32,8
51,2	63,59	1,241	28,6	28,1	61,2	79,30	1,294	33,6	33,9
51,4	63,90	1,242	28,7	28,2	61,4	79,65	1,295	33,6	33 »
51,5	64,05	1,243	28,8	28,2	61,5	79,80	1,296	33,7	33,1
51,6	64,21	1,244	28.9	28.3	61.6	80.00	1,297	33,8	33.2
51,8	64,52	1,244	28.9	28,3	61,8	80,33	1,298	33,9	33.2
52 »	64,74	1,245	28,9	28,4	62 »	80,65	1,299	34 »	33,3
52,2	64,96	1,245	29,0	28,4	62.2	81,00	1,300	34,1	33,4
52,4	65,27	1,245	29 »	28,4	62,4	81,33	1,301	34,1	33,5
52,5	65,34	1,246	29,1	28,5	62,5	81,50	1,302	34,2	33,5
52,6	65,58	1,247	29,2	28,6	62,6	81,65	1,303	34,2	33,6
52,8	65,90	1,248	29,3	28,7	62,8	82.00	1,304	34,4	33,7
53 »	66,22	1,248	29,3	28,7	63 »	82,35	1,305	34,4	33,8
53,2	66,52	1,249	29,3	28,7	63,2	82,65	1.306	34,5	33,9
53,4	66,83	1,250	29,4	28,8	63,4	83,00	1,307	34,6	34 »
53,5	66,98	1,251	29,5	28,9	63.5	83,16	1,308	34,7	34,1
53,6	67,13	1,252	29,6	29 »	63,6	83,35	1,309	34,85	34,2
53,8	67,45	1,253	29,7	29,1	63,8	83,70	1,310	34,9	34,2
54 »	67,75	1,254	29,7	29,2	64 »	84,00	1,311	35 »	34,3
54,2	68,05	1,255	29,8	29,3	64,2	84,35	1,312	35,1	34,4
54,4	68,35	1,256	29,9	29,4	64,4	84,70	1,313	35,2	34,5
54,5	68,50	1,256	30 »	29,5	64,5	84,90	1,314	35,3	34,6
54,6	68,65	1,257	30,1	29,5	64,6	85,05	1,315	35,3	34,6

Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé		Degrés Brix-Dupont sucre % gr.	Degrés Vivien sucre % cc.	Densité réelle ou poids du litre à 15°	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens				Nouveaux corrigés	Anciens
64,8	85,40	1,316	35,4	34,7	74,2	102,15	1,374	40,1	39,4
65 »	85,70	1,317	35,5	34,8	74,4	102,50	1,375	40,2	39,5
65,2	86 »	1,318	35,6	34,9	74,5	102,70	1,376	40,3	39,5
65,4	86,40	1,319	35,7	35 »	74,6	102,88	1,377	40,4	39,6
65,5	86,60	1,320	35,8	35,1	74,8	103,25	1,378	40,5	39,7
65,6	86,30	1,321	35,8	35.15	75 »	103,60	1,379	40,6	39,8
65,8	87.15	1,322	35,9	35.25	75,2	104,00	1,380	40,7	39,9
66 »	87,50	1,523	36 »	35,35	75,4	104,35	1,382	40,7	40 »
66,2	87,80	1,324	36,1	35,5	75,5	104,55	1,383	40,7	40 »
66,4	88.15	1,325	36,2	35,5	75,6	104,75	1,384	40,8	40,1
66,5	88,35	1,326	36,3	35,6	75,8	105,10	1,385	40,9	40,2
66,6	88,50	1,327	36,3	35,7	76 »	105,50	1,386	41 »	40,3
66,8	88,85	1,328	36,4	35,8	76,2	105,88	1,387	41,1	40,4
67 »	89,20	1,329	36,5	35,9	76,4	106,25	1,388	41,2	40,5
67,2	89,55	1.330	36,6	36 »	76,5	106,40	1,389	41,3	40,6
67,4	89,90	1,331	36,7	36 »	76,6	106.60	1,390	41,4	40,6
67,5	90,05	1.332	36,75	36,1	76,8	107 »	1,392	41,5	40,7
67,6	90,25	1,333	36,8	36,2	77 »	107,39	1,393	41,6	40,8
67,8	90,55	1,334	36,9	36,3	77,2	107,75	1,394	41,7	40,9
68 »	90,95	1,335	37 »	36,3	77.4	108,15	1,395,6	41,8	41 »
68,2	91,30	1,336	37,1	36,4	77.5	108,35	1,396	41,9	41 »
68,4	91,65	1,337	37,2	36,5	77,6	108,55	1,397	42 »	41,2
68,5	91,80	1,338	37,3	36,6	77.8	108,90	1.398	42 »	41,2
68,6	92.00	1.339	37,4	36,6	78 »	109,30	1,399	42,1	41,3
68.8	92,35	1,340	37,4	36,7	78,2	109,70	1,400	42,2	41,4
69 »	92.70	1,341	37,5	36,8	78,4	110,05	1,401	42,3	41,5
69.2	93,05	1.342	37,6	36,9	78,5	110,30	1,402	42,3	41,5
69.4	93,40	1,343,5	37,8	37 »	78,6	110,45	1.403	42,4	41,6
69.5	93,60	1,344	37.9	37,1	78.8	110,85	1.404	42,5	41,7
69,6	93,75	1.345	37,9	37,2	79 »	111,25	1,405	42,6	41,8
69,8	94,10	1.346	38 »	37.3	79.2	111,60	1,406	42,6	41,8
70 »	94,50	1,347	38,1	37,4	79.4	112 »	1.407	42,7	41,9
70,2	94,85	1.348	38,2	37,5	79,5	112.20	1 409	42,8	42 »
70,4	95,20	1,349	38,2	37,5	79,6	112,40	1,410	42,9	42,1
70.5	95,40	1,350	38,3	37,6	79,8	112,80	1,411	43 »	42,1
70,6	95,55	1.351	38,4	37,7	80 »	113,15	1,412	43,1	42,2
70,8	95,90	1.352	38.5	37,8	80,2	113,55	1,413	43,2	42,3
71 »	96,30	1,353	38,5	37,8	80,4	113,95	1,414	43,3	42,4
71,2	96,65	1,354	38,6	37,9	80,5	114,15	1,416	43,3	42,5
71,4	97 »	1,355	38,7	38 »	80,6	114,40	1,417	43.4	42,6
71,5	97,20	1.356	38,8	38 »	80,8	114,70	1.418	43,5	42,7
71,6	97,40	1,357	38.8	38,1	81 »	115,15	1,420	43,6	42,7
71,8	97.75	1,358	38,9	38,2	81,2	115,57	1,421	43,7	42,9
72 »	98,10	1,359	39 »	38,3	81,4	115,95	1,423	43,8	43 »
72,2	98.45	1,360	39,1	38,4	81,5	116,15	1,424	43,9	43,1
72,4	98,86	1,362	39,2	38,5	81,6	116,35	1,425	44 »	43,2
72,5	99 »	1.363	39.3	38,6	81,8	116,75	1,426	44,1	43,2
72,6	99,20	1,364	39,4	38,6	82 »	117,15	1,427	44,1	43,3
72,8	99.55	1.365	39,5	38,7	82,2	117,55	1,428	44,2	43,3
73 »	99.90	1,367	39,6	38,8	82,4	117,90	1,429	44,3	43,4
73,2	100,30	1,368	39,6	38,9	82,5	118,15	1,430	44,3	43,4
73,4	100,65	1,369	39,7	39 »	82,6	118,30	1,431	44,4	43,5
73,5	100,84	1,370	39,8	39 »	82,8	118,70	1,432	44,5	43,7
73,6	101,05	1,371	39,8	39,1	83 »	119,10	1,434	44,6	43,7
73,8	101,40	1,372	39,9	39,2					
74 »	101,75	1,373	40 »	39,3					

PROCÉDÉS DIRECTS

Nous avons dit que l'analyse de la betterave par le jus ne donnait pas un résultat absolument exact. Le jus recueilli ne représente pas la moyenne parfaite de la composition du jus existant dans la racine. Puis la densité du jus varie avec les râpes, les presses, etc. On a donc cherché à doser le sucre directement dans la betterave.

Il y a un grand nombre de procédés décrits, mais il n'en est resté que quelques-uns appliqués dans la pratique de la sucrerie. Ce sont les *méthodes aqueuses.* Il y a deux méthodes, l'une dite *méthode aqueuse par digestion à chaud*; l'autre, *méthode à froid par diffusion instantanée et à froid.* Elles sont dues toutes deux à H. Pellet.

Méthode aqueuse par digestion aqueuse à chaud . — On prépare un échantillon de pulpe représentant aussi bien que possible la moyenne des betteraves à analyser, soit à l'aide des râpes coniques, soit des râpes cylindriques, ou par des hache-viande, en passant de la cossette prélevée au coupe-racines employé dans la sucrerie. On peut prélever un échantillon de cossettes pendant le travail sur chaque diffuseur. Mettre la cossette dans des boîtes fermées et après 2 ou 3 heures préparer un échantillon définitif, en hachant 1 kilogramme de la masse mélangée. On pèse 16,29 ou 26,048 de matière dans une capsule en nickel de forme spéciale. On fait passer la pulpe dans un ballon de 200 centimètres cubes dit de Pellet, ayant un large] col à la partie supérieure et portant divers traits indiquant le volume à faire pour tenir compte du marc insoluble et du précipité plombique. On ajoute de l'eau ordinaire, jusqu'à 150-160 centimètres cubes puis 7 à 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, on agite et on porte au bain-marie presque bouillant. On laisse séjourner 3/4 d'heure à 1 heure en ayant soin d'agiter de temps à autre. La durée de l'opération varie avec le degré de finesse de la pulpe. On complète de suite, au sortir du bain, à peu près le volume ; on fait disparaître la mousse par un peu d'éther ou de l'alcool. On laisse refroidir le tout. On complète exactement à 200 cc. 8 ou à 201 cc., 3,

suivant le poids normal pesé. On agite et on filtre. Dans la liqueur filtrée, ajouter une ou deux gouttes d'acide acétique cristallisable. Polariser au tube de 400 millimètres de longueur. On a de suite la richesse directe de la betterave pour *cent grammes*. Si l'on n'a pas un saccharimètre à tubes de 400, on utilise le tube de 200 millimètres et le résultat est multiplié par 2.

Jusqu'ici on a cherché un procédé pour le dosage à froid et instantané de la hachure de betteraves, sans y parvenir d'une façon très pratique.

Au lieu de faire un volume variable après la digestion de la betterave réduite en pulpe, pour tenir compte du volume occupé par le marc, on peut modifier le poids de la matière pour ne terminer que le volume constant de 200 centimètres cubes, ce qui évite d'avoir des ballons avec plusieurs traits. Il suffit de changer le poids normal.

On a adopté les chiffres ci-après :

	cc.		cc.
avec	16,27	il faut faire	200,80
—	26,048	—	201,35
—	32,54	—	201,60
—	52,096	—	202,70

ou bien pour ne faire que 200 centimètres cubes, il faut peser

16,17	au lieu de	16,27
25,87	—	26,048
32,25	—	32,54
51,40	—	52,096

Méthode par diffusion aqueuse instantanée et à froid. — Cette méthode n'est applicable qu'à une pulpe suffisamment fine. On obtient cette pulpe en passant les betteraves entières à une râpe conique de H. Pellet et Lomont, munie du disque taillé dit de Keil. La pulpe obtenue est bien mélangée et on procède absolument comme s'il s'agissait de l'analyse à chaud. Seulement, on a disposé les choses de telle façon qu'on peut exécuter rapidement un grand nombre d'essais. Par exemple, l'eau est amenée par un tube effilé ayant 50 à 60 centimètres de hauteur, ce qui donne une certaine pression. Le jet est

envoyé sur la pulpe pesée qui se trouve introduite directement dans le ballon à col évasé, sans le secours d'un entonnoir, si l'on veut. On met ensuite le sous-acétate de plomb (7 à 10 centimètres cubes). On laisse arriver l'eau jusqu'à 170-180 centimètres et on abat la mousse au moyen de l'éther. On complète le volume de 200 cc. 8 ou 201 cc. 3. On agite et on filtre. On polarise comme précédemment.

Toute l'opération de râpage de 10 betteraves, de pesée, de diffusion, filtration et de polarisation peut être terminée en trois minutes.

Seulement, on le voit, l'échantillonnage n'est possible que sur des *betteraves entières*. Or, quel que soit le nombre de betteraves prélevées et analysées en vingt-quatre heures, le résultat n'est pas absolument exact, car on n'a pas une moyenne vraie de tout ce qui passe au coupe-racines. On a parfois de 0,20 à 0,50 de sucre en plus. La méthode d'analyse par digestion aqueuse à chaud appliquée sur les cossettes est plus exacte.

Modification au procédé à froid de Pellet, pour l'analyse de la betterave. — Depuis quelques années on a proposé une série de modifications pour l'application de ce procédé. Nous ne parlerons que de la dernière due à M. A. Ledocte, basée sur celle décrite il y a quelques années par Kruger-Lœwenberg et autres. Le principe en est le suivant :

La betterave contient une quantité de marc insoluble peu variable (4 à 6 p. 100). La différence est représentée par du jus. Connaissant sa densité moyenne, on en calcule le volume auquel on ajoute celui du marc et on a ainsi le volume total occupé par un poids donné de pulpe normale. On a admis 4,75 p. 100 du marc, et une densité moyenne de 1070 pour le jus. On peut adopter les bases de la modification Ledocte telles qu'elles ont été indiquées.

On pèse donc 26 gr. 048 de pulpe ou 16 gr. 29 selon le saccharimètre (pour l'analyse à froid) dans une capsule métallique spéciale tarée, on y ajoute 7 à 10 centimètres de sous-acétate de plomb, et on verse 177 centimètres cubes d'eau ou 185 cc. 6 si l'on a pesé 16 gr. 27. Sur la capsule, on place un couvercle formé d'une plaque de verre entourée de caoutchouc, qu'on maintient à l'aide d'une pression exercée par les deux mains.

On agite et on filtre. Le liquide filtré est polarisé comme pour les autres procédés. Le mesurage du sous-acétate de plomb peut se faire séparément ou par une pipette de construction particulière qui se remplit automatiquement et se vide par un tour de robinet.

Ce mode opératoire n'a pas au fond un grand avantage sur celui ordinaire, lorsqu'on le sait bien pratiquer. Il y a cependant une chose qui peut présenter un certain intérêt : c'est que par cette méthode on n'a pas à se préoccuper de l'air emprisonné. Quelquefois le volume d'air peut être gênant ou suffisant pour exiger pas mal d'éther. Nous devons dire qu'en pratique ce procédé donne des résultats absolument semblables à ceux qui sont obtenus par la méthode ordinaire aqueuse à froid. Du reste le principe de diffusion instantanée et à froid est absolument celui de Pellet.

On emploie beaucoup maintenant pour la polarisation des liquides le tube continu de Pellet (1).

Dosage direct du sucre dans les betteraves par les méthodes alcooliques. — Les méthodes alcooliques bien employées ne donnant pas d'autres résultats que les méthodes aqueuses également bien exécutées, et étant plus compliquées, nous ne voyons pas la nécessité de les décrire. Les méthodes alcooliques exigent beaucoup plus de soin et il y a plusieurs causes d'erreur qui font que souvent on trouve un peu moins de sucre.

En tout cas, la seule méthode alcoolique à appliquer est l'*extraction alcoolique*, qui permet de procéder à une vérification de l'épuisement.

Procédés de dosage du sucre par les liqueurs cuivriques, — On peut doser le sucre soit dans le jus de betteraves, soit directetement sur les betteraves, au moyen des liqueurs cuivriques.

(1) Nous ne le décrirons pas spécialement. Disons seulement qu'il permet de faire 3, 4, 10 polarisations successives en une minute. Le liquide à polariser entre par une extrémité et chasse le liquide précédent, qui s'écoule par l'autre extrémité et au moyen d'un siphon. On trouve ce tube chez tous les fournisseurs d'appareils et accessoires saccharimétriques.

On ne conserve la liqueur cuivrique que pour la recherche des réducteurs ou certains dosages, mais on ne s'en sert plus couramment pour l'analyse des jus ou des betteraves.

La liqueur le plus généralement employée en France pour ce genre de dosage est la liqueur Violette, dont voici les deux formules :

		10cc = 0,05 de glucose	10cc = 0,05 de sucre crist.
1	Eau	500	500
	Sulfate de cuivre pur crist.	34.64	36,46
		180	200
2	Sel de Seignette	180	200
	Soude caustique purifiée	100	120
	Eau totale pour faire à froid	500 cc.	500 cc.

On mélange les deux solutions et on complète à un litre avec de l'eau distillée.

Analyse du jus de betterave. — Le jus de betterave obtenu par râpage et par expression de la pulpe est recueilli dans une éprouvette comme il est dit plus haut et après décantation on y plonge un densimètre gradué à 4° qui donne directement, après correction, la densité ramenée à la température normale de 15°. A cette densité correspond une teneur déterminée de sucre pur par 100 cc. La table suivante donne cette concordance. En divisant le sucre par 100 cc. par la teneur en matières dissoutes exprimées en sucre pur, on obtient ce que nous avons défini par coefficient de pureté.

Degrés du jus		Sucre pour 100 grammes de betteraves	Degrés du jus		Sucre pour 100 grammes de betteraves
5,	(ou 1050)	11,2 à 11,4	6,1	(ou 1061)	11,7 à 11,8
5,1	(ou 1051)	11,5 à 11,6	6,2	(ou 1062)	12,0 à 12,1
5,2	(ou 1052)	9,1 à 9,5	6,3	(ou 1063)	12,2 à 12,4
5,3	(ou 1053)	9,3 à 9,7	6,4	(ou 1064)	12,4 à 12,5
5,4	(on 1054)	9,6 à 9,9	6,5	(ou 1065)	12,5 à 12.6
5,5	(ou 1055)	9,9 à 10,1	6,6	(ou 1066)	12,7 à 12,8
5,6	(ou 1056)	10,1 à 10,3	6,7	(ou 1067)	12,8 à 13,0
5,7	(ou 1057)	10,3 à 10,5	6,8	(ou 1068)	13,0 à 13,2
5,8	(ou 1058)	10,5 à 10,8	6,9	(ou 1069)	13,2 à 13,4
5,9	(ou 1069)	10,8 à 11,0	7,0	(ou 1070)	13,4 à 13,6
6,0	(ou 1060)	11, à 11,2			

Dosage des sels. — Les sels se dosent dans la betterave par mensuration de 10 grammes dans une capsule de platine après dessiccation à l'étuve et addition de quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Du résultat obtenu on retranche un dixième pour tenir compte de la substitution de l'acide sulfurique au chlore.

Pour faire le même dosage dans le jus on évapore à sec 20 cc. de jus dans une capsule de platine et on procède à la calcination comme pour la betterave. On retranche 1/10.

Dosage de l'eau. — L'eau se dose dans la betterave par dessiccation à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant.

Pour le jus on opère soit indirectement en faisant la différence entre 100 et les matières dissoutes 0/0 grammes, soit directement en desséchant 20 cc. en présence de sable ou de silice poreuse, ou de pierre ponce granulée, également jusqu'à poids constant. Ce dernier procédé est le seul qui donne des résultats précis. Les matières organiques s'obtiennent par différence. Pour éviter l'altération du jus par la chaleur on y ajoute une goutte d'ammoniaque.

Le dosage de l'eau réelle permet de déterminer la *pureté réelle* par opposition à la *pureté apparente* déduite de la densité. La différence entre ces deux puretés est d'autant plus grande que la betterave est moins riche, c'est-à-dire contient plus de matières étrangères.

Le coefficient salin d'un jus de betterave est le rapport des cendres au sucre. Il exprime la quantité de sucre qui existe pour un de sels. Un jus de betterave est d'autant plus pur que son coefficient salin est plus élevé. C'est une indication précieuse pour mesurer le degré d'épuration d'un jus sucré. En France on lui attribue une valeur considérable, tandis qu'en Allemagne et en Autriche on préfère la pureté comme moyen de contrôle.

Le coefficient salin d'un jus de betterave varie de 15 à 30.

L'analyse des cossettes étant le principe du contrôle chimique, il devient indispensable que l'échantillon prélevé soit bien moyen. Plusieurs appareils ont été conçus dans le but de prélever un échantillon moyen.

L'échantillonneur Marotine est constitué par un plan incliné

disposé au-dessous du coupe-racines et percé d'une ouverture, devant laquelle tourne un cylindre ou poulie recouvert d'une courroie munie de brochettes. Cette courroie passe sur une autre poulie dont l'axe porte la transmission. La courroie marchant continuellement, soit par l'intermédiaire d'un mouvement d'horlogerie, soit actionnée directement par le moteur de l'usine, les cossettes qui tombent du coupe-racines sont arrêtées au nombre de quelques-unes par les broches. La courroie les entraîne et elles sont recueillies dans un vase quelconque.

On a reconnu que la gelée exerce une influence sur la densité des betteraves. Le jus de celles-ci est pour ainsi dire concentré. Il est donc nécessaire de laisser dégeler la pulpe avant de la presser.

CHAPITRE II

EXTRACTION DU SUCRE DE LA BETTERAVE

Les opérations destinées à l'extraction du sucre sont : 1° le transport et la conservation des betteraves ; 2° le lavage des betteraves ; 3° le pesage des betteraves ; 4° le travail de la diffusion.

1. — Transport et conservation des betteraves

La betterave récoltée et voiturée dans les meilleures conditions possible, est amenée aux bascules annexes ou dans la cour centrale de la fabrique ou à quai, si l'approvisionnement se fait par canaux. Une bonne condition d'installation est réalisée dans une fabrique de sucre lorsque la place dans la cour est suffisante pour permettre l'emmagasinage pour une semaine de travail en 7 silos, plus deux silos supplémentaires pour parer à l'affluence des livraisons qui peuvent être activées lorsque la gelée menace. Mais en principe, il est bon de ne pas avoir une réserve d'approvisionnement supérieure à celle que nous venons de fixer. Les silos devront avoir $1^m,50$ à $1^m,75$ de hauteur au maximum, ils devront être bien dressés sur les flancs, les racines disposées, le collet à l'extérieur, de manière à former muraille.

Lorsque la betterave arrive à l'usine, elle est immédiatement pesée et le déchet est fait sur 20 ou 25 kilos et sur un échantillon prélevé sur chaque voiture pendant le déchargement. Les usines bien organisées procèdent ainsi et font la densité sur tout le lot qui a servi à la prise du déchet, en le passant à la râpe rationnelle de Pellet.

De nouvelles prescriptions législatives forcent les fabriques françaises à munir les bascules à betteraves d'enregistreurs.

En Belgique, on prélève un certain nombre des betteraves de la tare et on fait un échantillon moyen au moyen de la râpe

conique rationnelle de Pellet et Lomont, munie du disque spécial à taille Keil, permettant d'obtenir la pulpe analysable à froid. Le foret râpe peut être employé, mais les résultats sont moins certains. En tout cas, il doit donner la pulpe fine, comme le disque Keil. Cet échantillon est analysé par les procédés de Pellet, que nous avons décrits et le prix d'achat est fixé d'après la richesse de la betterave avec majoration de 3 francs environ par centième de sucre supplémentaire.

Le déchargement des betteraves doit se faire autant que possible à la main et il faut toujours prohiber le renversement des tombereaux, afin d'éviter que la terre qui se sépare des betteraves pendant le transport ne soit comptée comme betterave.

Beaucoup d'usines étant pourvues de transporteur hydraulique, on prend comme axe du silo la rigole du transporteur, et on lui donne une largeur de 8 à 10 mètres selon la pente de la sole du transporteur hydraulique.

La quantité de betteraves qu'on peut évaluer par mètre cube de contenance de silo est d'environ 500 et 600 kilog.

Une fois la tare déterminée pour obtenir un échantillonnage exact, il faut passer toutes les betteraves à la râpe conique. Ordinairement, on a de 27 à 40 betteraves. Mais d'après les essais de Pellet, on peut réduire le nombre des racines à prendre, en rangeant rapidement toutes les betteraves par ordre de grosseur et en prélevant la première, la quatrième, la septième, et ainsi de suite. On a ainsi, seulement de 9 à 14 racines à râper. Si au lieu de procéder de cette façon on prend 9 à 14 betteraves, sans ordre, on peut avoir des écarts dans les résultats. Ces écarts augmentent avec la réduction du nombre des racines râpées.

Plus on fera d'analyses et plus on sera certain du résultat, car malgré les soins apportés par la culture, la qualité de la graine etc., les betteraves présentent de grandes variations de richesse. Si sur un hectare de terrain on prélève 10 échantillons de 25 à 40 betteraves, on remarque des différences pouvant atteindre parfois 2 0/0 de sucre et plus même entre les résultats extrêmes.

Dans les grandes usines, on arrive à faire en moyenne une analyse par 2 à 3.000 kilog. de betteraves amenées par voi-

ture, par 4 à 5.000 kilog. de betteraves amenées par wagons ou bateaux de petit tonnage et par 7 à 8.000 kilog. par bateaux de fort tonnage.

Beaucoup d'usines qui ont un grand rayon d'approvisionnement réservent pour la nuit les betteraves des silos et utilisent pendant le jour les betteraves arrivant soit par fer soit par eau ou voitures. Les betteraves livrées par wagons sont jetées directement dans une grande trémie aboutissant au transporteur hydraulique. Elles sont déchargées et jetées soit à la main, soit enlevées au moyen d'une grue quelconque.

Bouchon, fabricant de sucre à Nassandres, a imaginé un système de wagons à fond à bascule permettant le déchargement économique des betteraves. Des systèmes analogues fonctionnent déjà à l'étranger pour la manipulation du charbon, du ballast et d'autres matières inertes encombrantes. En France, ces procédés ne se sont pas répandus.

Les betteraves amenées par des bateaux peuvent être déchargées par procédés très économiques au moyen d'élévateurs mus électriquement et plongeant au fond du bateau, ou au moyen de bennes déchargées ensuite dans une trémie de transporteur hydraulique. Ce second mode est moins économique et moins rapide. Chaque élévateur permet le déchargement de 80 tonnes en douze heures au moyen de quatre hommes.

Dans le déchargement au moyen de bennes, celles-ci contiennent 1.000 kil. de racines, mais le nombre d'hommes nécessaires pour ce service est de 12 environ, parce que, dans ce cas, il faut élever la matière à charger à une hauteur plus grande qu'avec les élévateurs électriques où il suffit simplement de la pousser dans les godets.

Ces godets viennent déverser, soit dans des wagonnets, soit dans le transporteur hydraulique.

Les betteraves sont abandonnées en tas dans la cour, en général à toutes les intempéries. On se contente, lorsque les gelées arrivent, de les recouvrir de paille du côté où le vent souffle.

Mais quelques usines, importantes généralement, considérant, avec raison, que le principal agent d'altération des betteraves en silos est la pluie ou le soleil, ont installé de vastes

hangars pour abriter les racines. Ces hangars peuvent être construits aujourd'hui très économiquement à raison de 12 fr. le mètre carré.

Sous ces abris, les betteraves sont bien protégées contre le froid, car il suffit de placer des panneaux en paille sur les flancs du silo.

Pendant sa conservation en silo, la betterave subit des modifications importantes. Elle se flétrit, se dessèche et se ratatine si la température est sèche. Plus tard, elle subit la pourriture sèche et s'échauffe. Cette altération est due à un mycélium. Lorsque, au contraire, la betterave a été ensilée par la pluie et que la terre adhérente est humide, la betterave continue sa végétation malgré l'ablation du collet, et cette végétation est favorisée par une température douce. De nouvelles feuilles apparaissent, jaunes par suite du manque de lumière, et surtout aux parties du collet mal coupé. Cette végétation est accompagnée d'une perte en sucre notable, en même temps qu'une autre partie du sucre passe à l'état de réducteur. Dans les années où la température de l'arrière-saison reste élevée, cette perte en sucre atteint jusqu'à 2 p. 100. Les betteraves ainsi altérées présentent des difficultés dans le travail et sont la source de la présence des sels de chaux.

La perte des betteraves en silo est, d'après Vogelberg, de 0 gr. 0,11 à 0 gr. 0,023 p. 100 de sucre par jour, soit 0,70 p. 100 par mois. Cette perte est d'autant plus considérable que l'ensilage est de plus longue durée, précisément à cause de l'échauffement qui ne se produit pas dans les premiers jours, ces chiffres sont du reste un peu variables.

On pallie en partie ces inconvénients en retournant la betterave et en retournant le silo parallèlement à lui-même. Il est bon de faire cette opération par un temps froid et en mettant les ouvriers à la tâche. On utilise pour ce travail des fourches à dents légèrement émoussées qui ne blessent pas les betteraves.

Autrefois, on préconisait de disposer dans les silos des cheminées verticales pour aérer et refroidir les betteraves. Cette pratique est maintenant condamnée, car l'air et l'humidité sont excessivement favorables à la végétation et on constatait que la betterave présentait plus facilement en cet endroit des ca-

ractères d'altération. En résumé, la condition d'une bonne conservation de la betterave en silo est d'abord une température froide et ensuite l'absence d'humidité.

La gelée exerce une influence plus mauvaise encore, car elle détruit le tissu cellulaire et provoque la pourriture rapide de la racine et son noircissement. Les betteraves gelées doivent être travaillées de suite.

Il est bon d'installer dans les silos un thermomètre à longue tige qui permet de contrôler la température. Nous avons vu des cas où cette température montait à 60°. La betterave qui était très humide avait été mise en bateaux et ceux-ci avait été arrêtés par la gelée. Or, la température s'éleva au degré que nous indiquons. Tout le contenu du chargement ne formait plus qu'une masse demi-liquide innutilisable au bout de deux mois de cet ensilage forcé. La fermentation acétique s'était déclarée et avait été suivie d'une fermentation putride.

2. — Lavage de betteraves

La première opération importante que la betterave subit après son déchargement est le lavage. Le transport aux laveurs se fait de bien des manières, suivant la topographie de la cour. Les moyens de transport sont la brouette, le chemin de fer à voie étroite et le transporteur hydraulique (1). Le premier n'est plus employé que dans les petites usines mal agencées. C'est le plus coûteux. Le chemin de fer portatif ne s'emploie que lorsque la cour ne se prête pas à l'installation du transporteur hydraulique ou que l'eau disponible est insuffisante comme dans certaines râperies. On utilise dans ce cas des voies portatives en rails d'acier de 9 kilos disposés par bouts de 3 mètres et à voie de 40 ou 50 centimètres. Les wagons qui contiennent le plus généralement 750 décimètres cubes sont en tôle, à bascule et leur traction se fait par la main de l'homme ou par des chevaux. Ces wagonnets sont déversés soit dans l'élévateur à betteraves sales soit dans un

(1) Appliqué pour la première fois à la sucrerie de Trendelbursch en 1880 et décrit pour la première fois en France par Pellet dans un rapport au Comité central.

tronçon de transporteur hydraulique qu'il est possible d'installer partout.

Dans d'autres installations où la distance à parcourir est grande on installe soit une voie monorail élevée soit des bennes avec câbles télédynamiques.

Mais le système le plus pratique est, sans conteste, le transporteur hydraulique. Actuellement on se trouve bien de l'installation du transporteur au fond d'une fosse profonde à section normale triangulaire et à parois inclinées à 45°. La main-d'œuvre pour l'alimentation de la rigole en betteraves est réduite à un minimum. Dans ce cas, si le fond de la rigole est en contrebas de l'élévateur à betteraves on remédie à cela par le montage d'une roue à grand diamètre élevant à la fois eau et betteraves. Plusieurs usines sont installées ainsi.

On peut encore obtenir le même résultat en créant une fosse artificielle au moyen de murs en maçonnerie munis de contreforts et en garnissant la sole de briques posées de champ ou de pavés. On complète l'installation en recouvrant le silo d'un toit, de manière à ce que le personnel du déchargement soit ainsi à l'abri. Une usine munie d'un transporteur hydraulique perfectionné peut facilement être alimentée par deux et trois hommes pour un travail de 250 tonnes par vingt-quatre heures. Le transporteur hydraulique présente le grand avantage de préparer la betterave au lavage énergique qu'elle est destinée à subir.

Le transporteur hydraulique se compose de caniveaux en maçonnerie de ciment ou de chaux hydraulique, ou de béton comprimé, recouverte d'une chape lissée, en ciment. On donne à l'ensemble une pente de 7 à 10 millimètres par mètre pour les parties droites de 10 à 20 millimètres par mètre pour les courbes. Celles-ci ne doivent pas avoir un rayon trop petit qui exposerait à des engorgements. La rigole est placée le plus souvent au fond d'une tranchée dont les parements sont, soit en terre battue, soit de préférence de maçonnerie, brique et ciment. Ces parois font un angle de 45° avec l'horizontale et leur hauteur atteint souvent, comme nous l'avons dit, des dimensions considérables formant un véritable silo. La rigole qui est destinée à charrier les betteraves a une section de 30 à 40 centimètres. Le premier nombre est la section pour les ali-

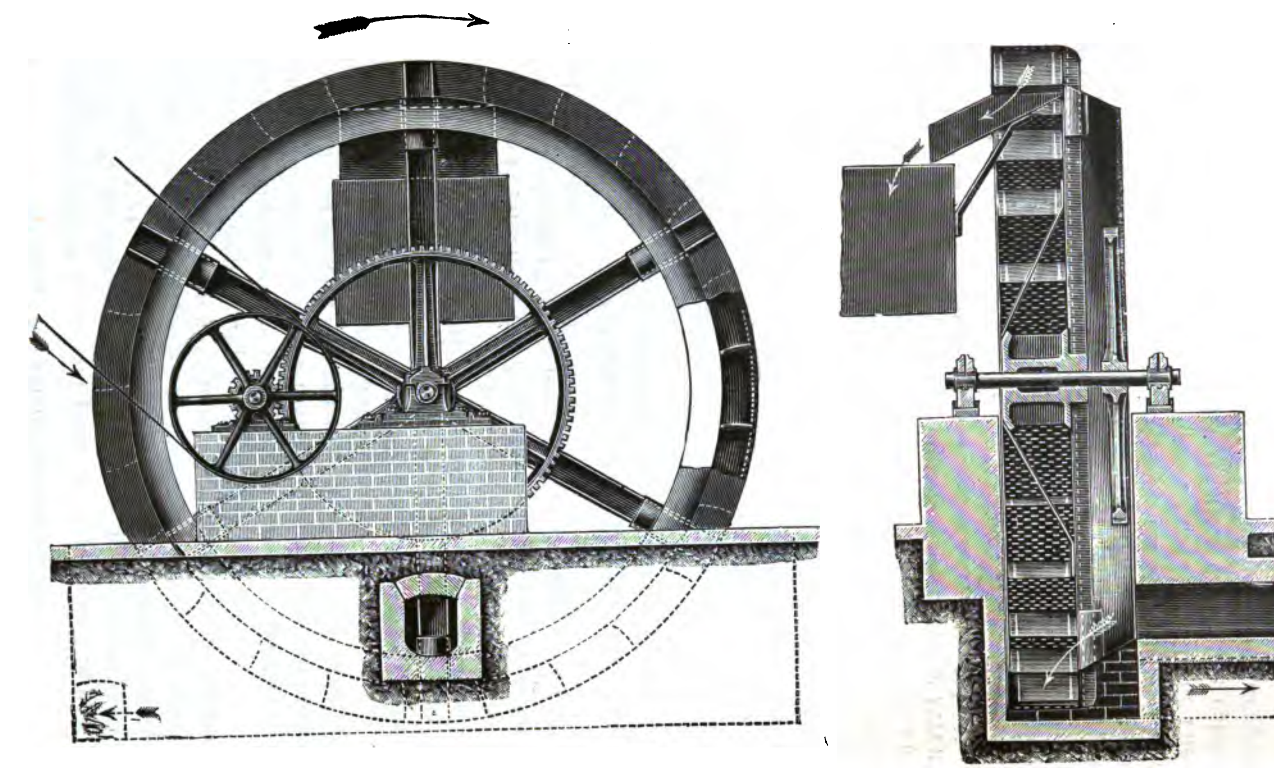


Fig. 3.

gnements droits et le second pour les courbes. A la partie la plus élevée de chaque rigole se trouve le clapet de distribution articulé et muni d'un contrepoids ou lentille en fonte. Quelquefois, dans certaines installations difficiles à faire par suite d'une disposition défectueuse du terrain, on emploie le transporteur hydraulique portatif en fonte et tôle.

La partie supérieure de la rigole se recouvre de clayons en chêne sur lesquels les betteraves sont jetées et entassées et qu'on retire au fur et à mesure qu'on jette les betteraves dans le courant d'eau qui les entraîne au laveur.

Les eaux du transporteur hydraulique peuvent servir indéfiniment; il suffit de les élever à hauteur voulue lorsqu'elles ont servi et qu'elles ont été décantées dans des fosses ou bassins spéciaux. Dans ce cas on emploie des pompes centrifuges à eaux boueuses ou de grandes roues dans le genre de la roue Maguin ou Blancke (fig. 3) dont l'usage s'est rapidement généralisé.

Ces roues ont souvent un diamètre très grands, jusqu'à 10 mètres et permettent, lorsqu'elles sont mixtes, d'élever à la fois l'eau et les betteraves.

Le transporteur hydraulique vient déboucher dans la cuvette d'un élévateur à hélice ou dans les godets de la roue mixte dont nous parlions plus haut et qui les déverse dans le laveur.

Le lavage des betteraves a une grande importance, surtout au point de vue de la diffusion et de la dépense des couteaux du coupe-racines. Aussi, s'efforce-t-on de multiplier les laveurs. L'installation complète se compose habituellement d'un élévateur à hélice ou roue hydraulique, d'un premier laveur débourbeur, d'un second laveur rinceur et souvent même d'un épierreur.

Les pompes centrifuges sont suffisamment connues pour qu'il ne soit pas nécessaire d'insister sur leur fonctionnement.

L'élévateur a hélice qui reçoit les betteraves amenées par l'eau du transporteur hydraulique se compose d'un arbre ou moyeu en fonte creux dans lequel passe un arbre de 80 à 100.

C'est sur cet arbre que l'on emmanche les éléments de l'hélice dont le pas est très court. La rotation de l'hélice est de 40 tours à la minute. Les bords des spires touchent presque l'auge qui est inclinée à 45°.

A la partie supérieure, les betteraves, dont la terre, encore adhérente, est fortement détrempée, tombent dans un premier laveur débourbeur où un arbre muni de bras en bois fichés dans des moyeux en fonte clavetés sur l'arbre, tourne d'un mouvement assez rapide. Les betteraves frottent les unes contre les autres, se débarrassent de la terre et, pressées les unes contre les autres tombent dans un laveur rinceur placé en contre-bas du débourbeur, où le lavage achève de se faire. A la sortie de ce laveur des bras épierreurs empêchent les pierres de suivre le même chemin que les betteraves et de détériorer le coupe-racines (fig. 4).

L'eau propre arrive d'abord dans le laveur rinceur, puis au moyen d'une pompe passe dans le débourbeur, mais il est pré-

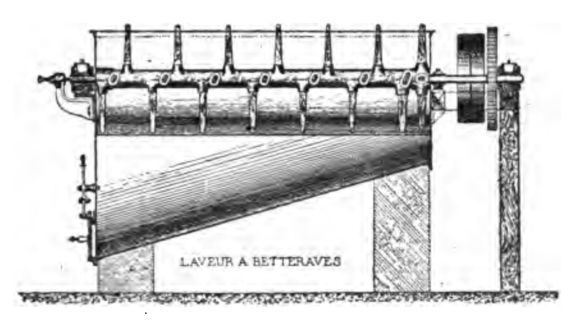


Fig. 4.

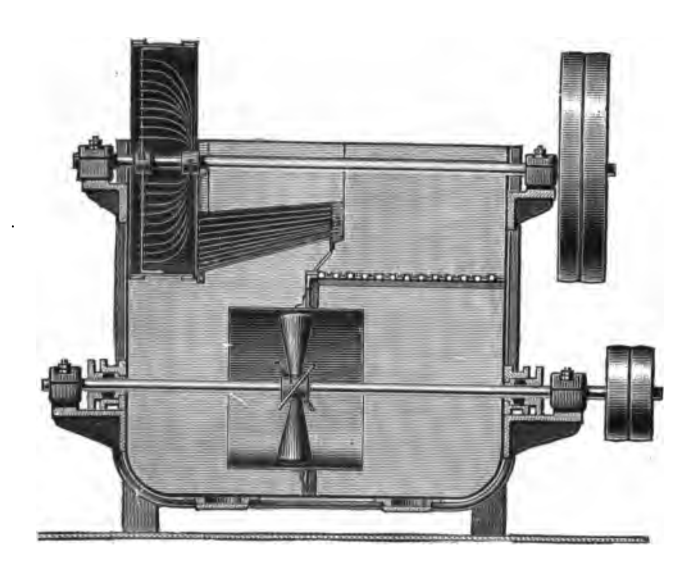
férable; si l'on dispose d'eau en abondance, d'alimenter le débourbeur avec de l'eau propre; on fait ainsi l'économie d'une pompe et des réparations nombreuses que la terre nécessite à cause de l'usure des organes qu'elle provoque. On peut encore terminer le lavage dans un épierreur Loze et Helaers (fig. 5 et 6) qui retient parfaitement les pierres.

La quantité d'eau nécessaire au service du transporteur hydraulique et des laveurs provient de l'eau de condensation des pompes à air et est d'environ 5 à 600 mètres cubes par journée de 24 heures, pour un travail de 250 tonnes de betteraves.

Les dispositifs des ateliers de lavage sont nombreux. Voici les plus fréquents :

1° Avec transporteur hydraulique. Laveur horizontal enterré,

laveur rinceur enterré et élevateur ordinaire à godets, laveur horizontal enterré, élevateur à hélice et laveur rinceur placé au-dessus du sol.



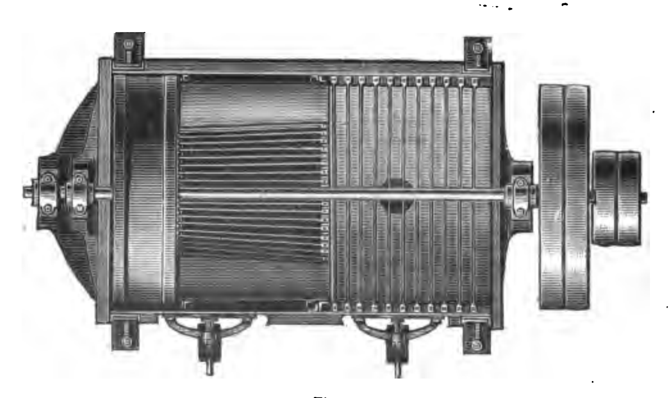


Fig. 6.

Laveur horizontal enterré, grande roue élevant l'eau et les betteraves qui tombent dans le laveur rinceur. L'eau s'écoule naturellement dans les bassins de décantation.

2° Sans transporteur hydraulique. Les betteraves amenées aux laveurs par un moyen quelconque de transport sont jetées dans la trémie d'un élévateur formé d'une courroie en cuir, en aloès ou en caoutchouc et de sabots en bois empêchant les betteraves de retomber. Cet élévateur a un mouvement assez rapide et rejette les betteraves dans le débourbeur.

Un autre dispositif consiste à jeter les racines directement dans le laveur horizontal enterré.

L'élévateur à sabots peut aussi être remplacé par un élévateur à hélice ou une grande roue.

Dans tous les cas et surtout en France où l'assiette de l'impôt a pour base la betterave, il est avantageux de faire passer

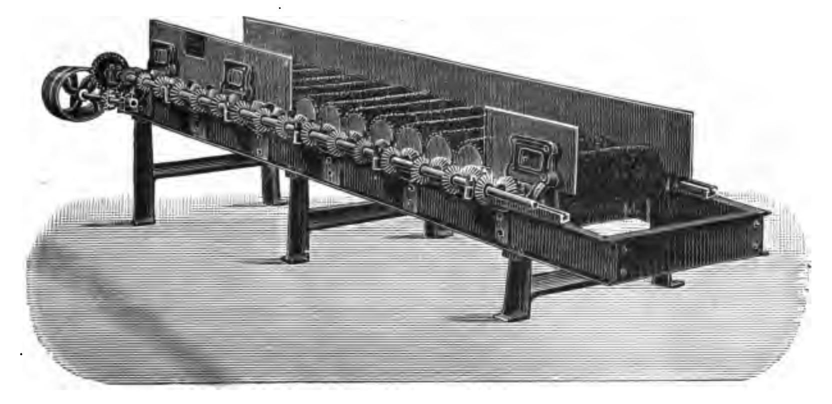


Fig. 7.

les racines lavées sur un transporteur essuyeur et épierreur à brasses tournantes de Denis (fig. 7). Cet appareil enlève une partie de l'eau encore adhérente aux racines. Les brosses sont en baleine et les betteraves tournent constamment et sont frottées pendant toute la durée de leur passage sur cet appareil. On élimine ainsi environ 1 à 2 0/0 de matières étrangères, selon les usines et la perfection du lavage.

Les eaux sales des laveurs sont écoulées directement par pente naturelle dans de grandes fosses de décantation, puis dans des prairies où elles servent à l'irrigation. Lorsque cet écoulement naturel ne peut être réalisé, pour des causes tenant à la topographie de l'usine, on les refoule au moyen de pompes centrifuges spéciales pour eaux boueuses.

Mais, quel que soit le procédé employé pour se débarrasser de ces eaux, des prescriptions administratives extrêmement sévères interdisent de les rejeter directement dans les cours d'eau. Elles doivent être épurées par un procédé qui les rende inoffensives pour les habitants des cours d'eau et leur réaction au moment de l'adduction dans les rivières doit être neutre.

Ces conditions sont réalisées par divers procédés, par la chaux, par la chaux et le sulfate de fer, par la chaux et le sulfate d'alumine. Ces deux derniers moyens provoquent une décantation rapide des eaux boueuses. En genéral on se contente de laisser couler un léger filet de lait de chaux dans la rigole qui conduit les eaux sales dans les bassins de décantation.

A la sortie de ces derniers, l'eau encore un peu trouble est envoyée dans une prairie ou un champ. Le sol en absorbe une partie mais bientôt cette absorption cesse et l'eau se rend dans un ruisseau ou dans une rivière.

Les betteraves après avoir passé sur le transporteur essuyeur, tombent dans la trémie de l'élévateur à godets. Cet élévateur se compose de 4 montants en bois ou en cornière munis d'une roue à gorge à la partie supérieure et à la partie inférieure. La roue inférieure est mobile dans une glissière qui permet son déplacement en cas d'allongement de la chaîne de l'élévateur.

Sur ces poulies généralement doubles passent deux chaînes d'acier sur lesquelles sont placés des godets en tôle perforée munis à la partie inférieure d'une tôle recourbée pour rejeter au dehors l'eau d'égouttage des betteraves et éviter que cette eau n'arrive dans la bascule. La contenance de ces godets est sensiblement la même dans toutes les installations, leur rapprochement varie seul suivant le travail à faire. La transmission de l'élévateur se fait par engrenage et poulies. La vitesse d'ascension de l'élévateur n'est que de 15 à 20 mètres à la minute.

La rupture des chaînes de l'élevateur est un accident fort désagréable dans une usine, qui devient plus rare depuis que la chaîne simple d'autrefois a été doublée. On doit cependant vérifier l'usure des chaînes et les changer lorsque les maillons sont usés à moitié de leur épaisseur.

Quelques usines, mal placées au point de vue de l'eau, sont

obligées de se servir de l'eau de lavage après décantation. L'installation se complique alors de pompes pour le retour de cette eau.

Après avoir quitté l'élévateur, les betteraves tombent dans la trémie d'attente de la benne de la régie. On a cherché à se rendre compte de la perte éprouvée par les betteraves pendant les manipulations du lavage. Un des facteurs principaux de ces pertes réside dans l'état physique des betteraves et dans le soin apporté au déchargement. Les betteraves meurtries, cassées, perdent plus facilement leur sucre que celles qui n'ont pas été brisées. En outre, l'eau chaude dissout aussi du sucre : Pellet a fort bien étudié cette question, mais les résultats, pour les causes que nous venons d'indiquer, sont variables et la perte est comprise entre 0,1 et 0,2 0/0 de la betterave. Dans le cas d'emploi d'eau chaude et de betteraves gelées, dont le tissu cellulaire a subi une altération profonde, la perte atteint 0,5 à 0,7 0/0.

Pendant le lavage, la betterave absorbe de l'eau par les cellules. La quantité est de 0,4 à 0,8. Quant à l'eau retenue physiquement, on peut en moyenne admettre d'après Pellet 0,3 à 1,0.

Pellet a également étudié dans son remarquable mémoire, présenté au Syndicat des fabricants de sucre sur les pertes indéterminées en sucrerie, la perte en poids que subissait la betterave pendant le lavage et il a trouvé que par les radicelles, le chevelu, on pouvait en moyenne admettre 1,50 0/0 de la betterave pour celles qui sont très racineuses et 0,12 à 0,50 pour celles qui le sont peu.

On a cherché à résoudre le plus économiquement possible la question de l'épandage des eaux sales des laveurs. Bien souvent cette question se complique du fait que les terrains à irriguer sont à un niveau supérieur à celui de l'atelier de lavage. L'installation suivante faite par Thomas et qui fonctionne à la sucrerie de Pierrefonds donne une solution pratique du problème (fig. 8). Une pompe à piston plongeur A aspire dans une fosse munie d'un agitateur J à palettes. Au-dessus de cette fosse se trouve une tôle perforée placée à la partie inférieure de l'arrivée H des eaux sales. Cette tôle retient toutes les impuretés solides qui sont enlevées par l'élevateur K et rejetées au

dehors en L. La pompe aspire l'eau boueuse seule. Une bouteille D règle le refoulement qui se fait à la distance qu'on désire au moyen d'une conduite en fonte de 100 à 120.

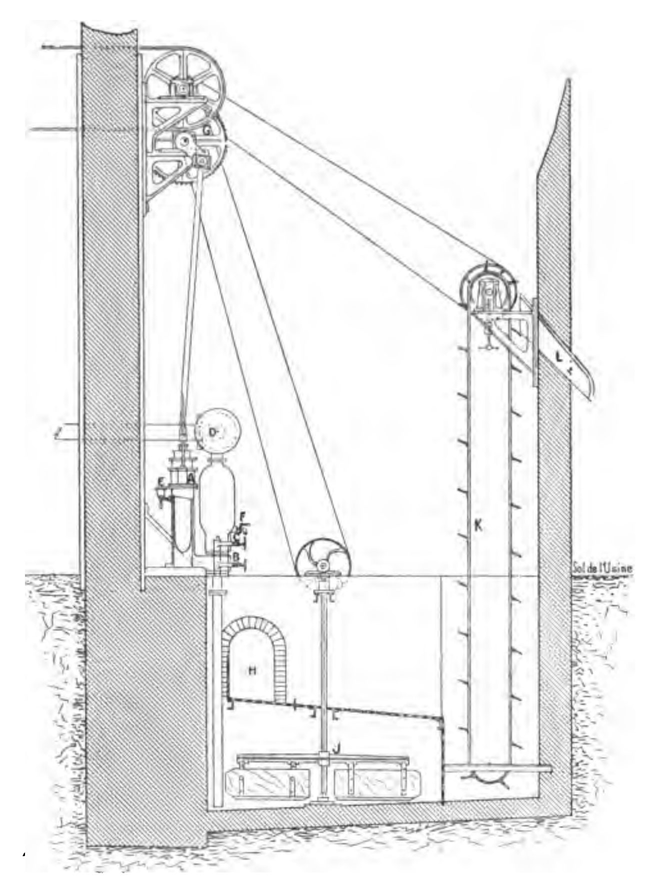


Fig. 8.

3. — Pesage des betteraves

Le pesage des betteraves est une opération qui est soumise à la surveillance directe d'un agent de l'administration des contributions indirectes. Ce pesage se fait au moyen de bennes

disposées sur une bascule décimale et contenant 500-750 et 1.000 kilog. de betteraves. Chaque année, au commencement de la campagne, on règle la benne, c'est-à-dire que la bascule étant juste, on l'emplit de betterave, de façon à araser les bords, on établit l'équilibre, on vide la benne et on remplace le betteraves par des poids de 20 kilos. Le poids trouvé sert généralement pour toute la campagne.

En outre, l'administration peut et doit procéder à des vérifications de la bascule et il est réglementaire que les poids nécessaires à cette vérification soient constamment à la portée de l'agent.

Les bascules destinées au pesage des betteraves sont munies d'appareils de sûreté, verrous, portes se commandant, grillage avec portes verrouillées, deux compteurs, dont un invisible et pour cela nommé *opaque*.

Les bascules doivent être agréées par l'inspecteur de la régie et sont soumises, comme tous les poids et mesures, au poinçonnage annuel du vérificateur des poids et mesures.

Il n'est fait aucune déduction de l'eau adhérente, de la terre qui peut encore rester après les betteraves. La quantité d'eau comptée ainsi comme betterave et prise en charge peut s'élever à 2 0/0. Quant à la terre elle varie suivant la perfection et les soins apportés au lavage; mais elle n'est jamais nulle.

Dans certaines années, et suivant le terrain sur lequel les betteraves ont été récoltées, on a pu constater jusqu'à 9 0/0 de terre. Le plus souvent on constaté de 0,5 à 1,5 0/0, suivant que les betteraves sont plus ou moins racineuses.

4. — Diffusion

Le jus de betterave ne s'extrait plus que par le procédé de la diffusion. En distillerie, on emploie encore d'autres procédés, mais au point de vue qui nous occupe, la diffusion seule nous intéresse.

L'extraction du jus par la diffusion comprend les opérations suivantes :

A. Le travail du coupe-racines.

B. Le travail de la batterie de diffusion.

C. Le travail des presses à cossettes.

Nous laisserons à dessein la théorie de la diffusion qui est basée sur le principe de la dialyse de Graham, pour nous borner simplement à l'exposé pratique des opérations.

A. — Le coupe-racines.

Le coupe-racines (fig. 9) se compose essentiellement d'un plateau horizontal en acier sur lequel on a ménagé des ouvertures quadrangulaires dans lesquelles on dispose les porte-couteaux. Le plateau est traversé par un arbre sur lequel sont calés les organes du mouvement qu'on obtient par engrenage et poulies folle et fixe. Ces organes sont généralement à la partie supérieure. A la partie inférieure, l'axe repose dans une crapaudine en bronze. Au-dessus du plateau et l'entourant complètement est placée une enveloppe en fonte ou en tôle forte avec des chicanes à l'intérieur. Ces chicanes ont pour but de retenir les betteraves pendant la rotation du plateau et de les empêcher de suivre son mouvement.

Le diamètre du plateau est variable suivant le travail à faire. On en fait depuis 1 m. 25 jusqu'à 2 mètres. Actuellement les plateaux coupent sur toute leur surface et la vitesse de rotation peut aller jusqu'à 150 tours par minute. Mais à cette vitesse la cossette obtenue n'est pas bien régulière et cette vitesse a été diminuée. Aujourd'hui avec les coupe-racines à grand diamètre et coupant sur toute leur surface on prend 120 tours pour les petits diamètres et 60 tours pour les plateaux de 2 mètres. Sous le coupe-racines se trouve une grande trémie inclinée en tôle qui reçoit la cossette et la fait tomber dans les diffuseurs.

Lorsque la hauteur manque dans certaines installations, on supprime cette trémie et la cossette est acheminée au moyen d'une courroie sans fin en caoutchouc. Un simple barrage fait devant chaque diffuseur suffit pour que la cossette tombe dans ce dernier.

Il est nécessaire pour obtenir une cossette régulière que la charge de betterave au-dessus du plateau soit suffisante pour que la betterave ne subisse aucun déplacement pendant la marche du plateau. Pour réaliser cette condition, on ne laisse jamais le plateau tourner à vide et on conserve toujours environ 20 centimètres de hauteur de betteraves.

L'enveloppe du coupe-racines est munie de portes pour le changement des couteaux et pour l'enlèvement des corps

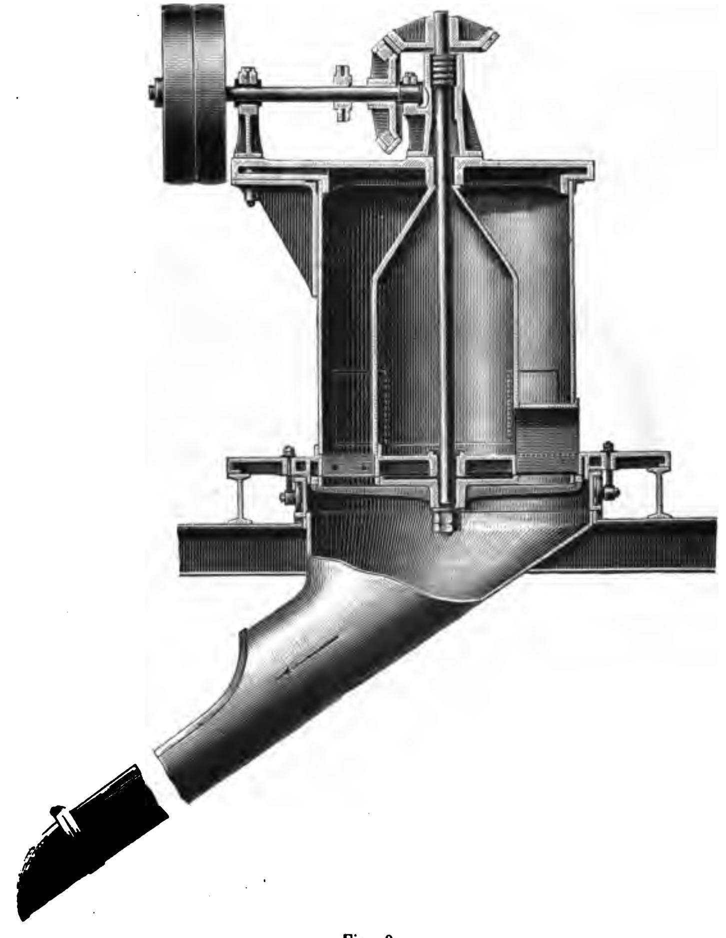


Fig. 9.

étrangers, pierres ou boulons qu'on ne rencontre que trop souvent. Ces portes restent verrouillées pendant la marche.

Le nombre des porte-couteaux est variable, suivant le diamètre ; il est généralement de huit à douze ; on va même jusqu'à quatorze et seize quelquefois ; on tend aujourd'hui à em-

ployer de longs porte-couteaux, le réglage se fait mieux et la manœuvre du changement est plus rapide.

Les couteaux employés sont maintenant du type faîtière, c'est-à-dire en forme de toit. On distingne trois sortes de couteaux faîtières, la grosse, la moyenne, la fine et l'extra-fine division. La grosse division s'emploie pour les betteraves pauvres et pour les batteries à seize diffuseurs ou les betteraves montées à graine, ou encore lorsqu'on veut travailler très vite; la moyenne division est la plus employée, tandis que

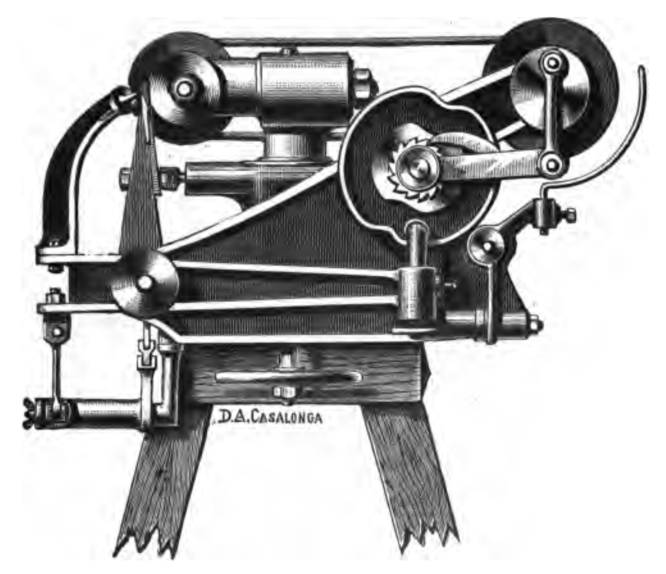


Fig. 10.

la fine et l'extra-fine division sont réservées pour les betteraves très riches et pour les batteries dont le nombre de vases est insuffisant pour procurer un épuisement satisfaisant. La longueur des couteaux est variable de 150 à 170 millimètres. En général, la grosse division correspond à une largeur de la cossette de 7 millim. 14, la moyenne division à 5 millim. 88 et la fine division à 4 millim. 76. Ces nombres ne sont pas absolus, mais représentent la moyenne.

Les couteaux de diffusion sont faits en acier trempé, de très

bonne qualité, car ils sont destinés à subir de nombreux affutages jusqu'à usure presque complète.

Cet affutage se fait au moyen de machines spéciales construites par Maguin, Moreau en France, et par Putsch en Allemagne. Ces machines se composent spécialement d'une fraise en acier chromé très dur, taillée en biseau et articulée autour d'un axe, de manière à prendre toutes les positions. Le couteau est serré dans une pièce spéciale et présenté devant la fraise qui repasse le fond et les parois. L'opération du retaillage des couteaux est très rapide et doit être précédée d'un dressage de la surface coupante au moyen d'une petite meule en émeri.

Le montage des couteaux dans les porte-couteaux est très important, car il faut que la position des couteaux les uns par rapport aux autres soit uniformément réglée. Il faut aussi que le bord du couteau soit à 3 ou 4 millimètres du plan du porte-couteau, et qu'il y ait un intervalle de 2 à 3 millimètres entre le plan du tranchant et la contre-plaque. Ces nombres ne sont pas des règles fixes, et chaque fabricant modifie chaque jour l'écartement des couteaux, selon la dureté des betteraves qu'il a à travailler. Lorsque l'écartement est trop grand on s'en aperçoit de suite, la cossette n'est pas détachée, plusieurs restent soudées par une extrémité, les unes à côté des autres, formant ainsi une sorte de peigne. Il suffit de rapprocher d'un demi-millimètre ou d'un millimètre la contre-plaque.

Les couteaux sont fixés dans les porte-couteaux au moyen de boulons à tête plate fraisée. L'écrou se serre à la partie inférieure du porte-couteau.

En général, les porte-couteaux sont en acier moulé. On en fait aussi en fonte. Dans les années pluvieuses ou lorsque les betteraves proviennent de terrains renfermant beaucoup de cailloux, ou encore lorsque le lavage est défectueux, on a avantage à employer ce que Maguin appelle les *porte-couteaux épierrieurs* dans lesquels la partie qui est en avant de la surface coupante est dentelée de manière à donner passage aux cailloux de petit calibre.

Maguin a encore imaginé un appareil brosseur automatique des couteaux en marche. C'est une brosse qui tourne dans le même sens que les couteaux, mais plus vite et qui les

nettoie de la paille, du foin adhérent, au fur et à mesure qu'ils passent devant l'orifice spécialement disposé dans ce but.

La position du couteau dans son porte-couteau est légèrement incliné vers l'horizontale, de façon que la base du couteau se confonde avec la surface supérieure du porte-couteau. En outre les rainures qui forment les faîtières sont des éléments d'arc de cercle dans lesquels la cossette s'inscrit très bien et n'est pas brisée.

Il existe un grand nombre de couteaux faîtières qui ne diffèrent entre eux que par de petits perfectionnements.

Les couteaux doivent être changés souvent ; mais il n'y a pas de règle fixe. Un jeu de couteaux peut durer 4 et 5 heures avec des betteraves à peau tendre, tandis qu'avec des betteraves montées à graine, ils seront bourrés et hors de service au bout d'une heure. On doit changer le jeu lorsque la cossette est irrégulière, hachée, lorsque les sections ne sont plus nettes et que de la pulpe est mélangée à la cossette.

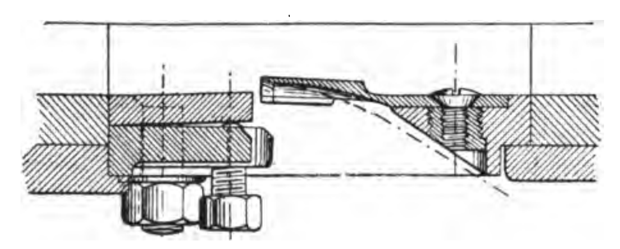


Fig. 11.

En hiver, lorsque les betteraves sont gelées, on se sert de couteaux à doigt, mais on les utilise rarement car l'épuisement est très mauvais avec eux à cause de leur grande épaisseur.

Il est recommandable d'avoir toujours en réserve au moins deux jeux de porte-couteaux, toujours prêts à être placés sur le coupe-racines. Quelques usines prévoyantes ont même un second plateau de coupe-racines de rechange en cas de rupture du premier par l'arrivée subite d'un boulon ou d'un outil quelconque.

Les couteaux ont généralement une longueur de 88 à 90 millimètres ; la partie cloisonnée a 25 millimètres. Lorsque l'usure est de 15 millimètres environ, on doit mettre les couteaux hors

de service. Les cossettes deviennent d'autant moins bonnes que les cloisons sont plus courtes.

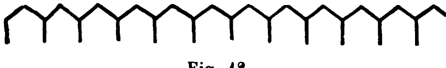


Fig. 12.

Il est un grand nombre de variétés de porte-couteaux. Tous ces instruments ont été perfectionnés dans le but de conserver

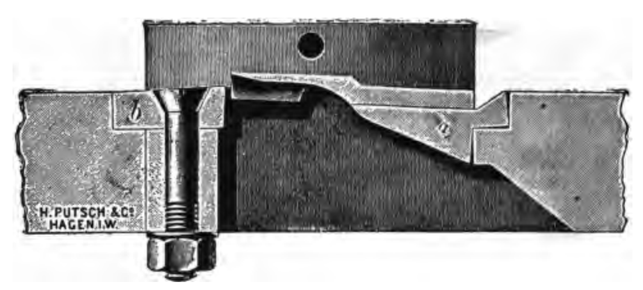


Fig. 13.

à la cossette sa forme et d'éviter qu'elle ne se brise pendant la rotation du plateau du coupe-racines.

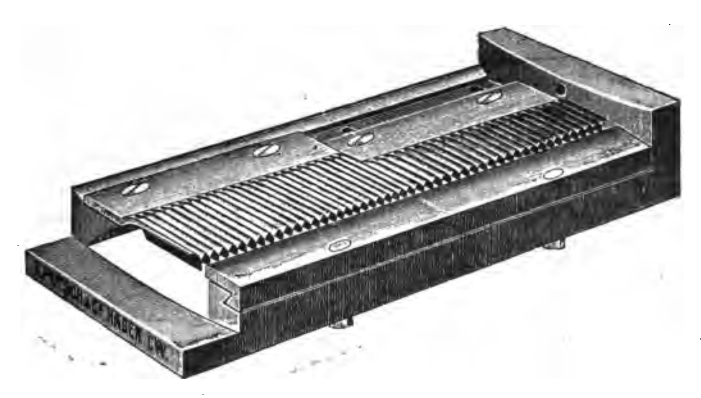


Fig. 14.

Parmi les derniers perfectionnements nous citerons le porte-couteaux Putsch à contre-lame à queue d'aronde. Cette contre lame est placée dans une rainure où elle ne peut glisser. Le

réglage se fait au moyen d'une clavette placée sous la contre-lame. Il n'y a aucune vis de réglage (fig. 13).

Les figures 14 et 15 représentent un porte-couteau étroit Putsch, dans lequel la contre-lame est supprimée et le siège des couteaux est mobile autour d'un axe longitudinal. Ce porte-couteaux a pour but l'augmentation du nombre de ceux-ci dans le coupe-racines.



Fig. 15.

B. — La batterie de diffusion.

Nous ne pouvons songer à donner dans un cadre aussi étroit la description des nombreux types de batteries de diffusion. On distingue en effet, les batteries en ligne sur deux rangs, (fig. 16) les batteries mi-circulaires et circulaires (fig. 18) et les batteries circulaires rotatives.

Chaque batterie de diffusion comprend 12.14 et 16 diffuseurs de contenance variable, 15 à 50 hectolitres. On va même plus loin, mais c'est l'exception. En supposant que l'on charge chaque diffuseur à 50 0/0 de son volume et que l'opération soit répétée 100 fois par poste, ce qui fait un diffuseur toutes les 6 minutes pour 10 heures de travail réel, la batterie aura comme puissance par 24 heures la contenance en hectolitres multipliée par 10. Ainsi une batterie dont les diffuseurs ont 25 hectolitres fera par 24 heures 250 tonnes en moyenne. On peut par certains artifices faire plus, comme nous le verrons plus loin.

Chaque diffuseur est constitué par une enveloppe en tôle épaisse terminée par deux parties en fonte. La partie supérieure porte les soupapes et l'ouverture ; la partie inférieure porte

la vidange et à la tubulure de communication avec le calorisateur.

La partie en tôle est soit cylindrique soit tronconique. Dans ce cas la partie la plus étroite est en bas.

La partie supérieure est très conique, afin d'éviter des espaces morts, inutilisés et où la cosette ne subit qu'un épui-

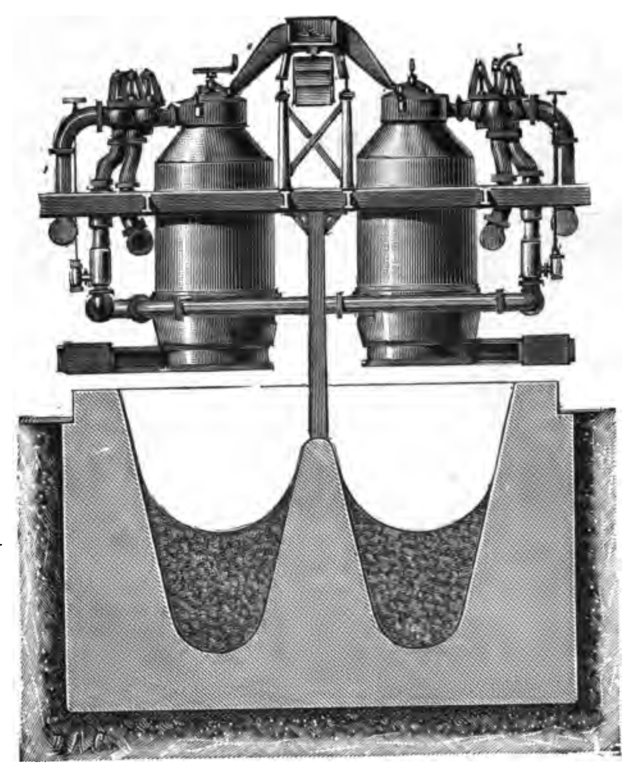


Fig. 16.

sement imparfait; elle se termine par une ouverture horizontale ayant un diamètre de 5 à 600 mmillimètrespour le chargement. La partie qui porte l'ouverture est cylindrique et est munie latéralement d'une conduite sur laquelle sont branchées les soupapes.

Quelquefois la partie cylindrique en fonte porte un épaule-

ment destiné à recevoir une crépine en tôle pour empêcher la dispersion des cossettes. Mais en général on supprime cette pièce (fig. 17).

Les soupapes sont les suivantes: 1° Communication permettant de faire circuler le jus d'un diffuseur dans le suivant. 2° Eau, permettant de donner la pression dans la batterie 3° jus. Cette dernière soupape sert à l'extraction du jus. 4° Vapeur. Elle sert à l'introduction de la vapeur dans les calorisateurs ou dans les éjecteurs. 5° Air. Cette dernière soupape ne s'emploie que dans le cas où l'eau est insuffisante et où l'on est obligé de faire une partie de la pression avec l'air. 6° Soupape générale à jus. Cette soupape est placée près du bac à jus et commande ce bac, elle se place sur la conduite à jus.



Fig. 17.

La partie inférieure en fonte du diffuseur a une forme conique, elle se termine par une porte en fonte et latéralement se place la conduite qui relie le diffuseur avec le calorisateur. Au dessus du fond se trouve un double fond ou tôle perforée destinée à retenir les cossettes et à permettre au jus de se rendre dans la canalisation du calorisateur.

Dans certains dispositifs la partie inférieure en fonte n'existe pas et le cylindre de tôle se termine par une porte à grande section qui se manœuvre du plancher de la batterie. La porte inférieure vient reposer sur une rigole venue de fonte où se

loge un joint creux ou joint hydraulique dans lequel on injecte de l'eau distillée obtenue par la condensation de la vapeur dans un serpentin entouré d'eau froide. Ce joint est muni d'un robinet à trois eaux permettant le remplissage, l'isolement d'avec la conduite d'eau et la vidange au moment où l'on va ouvrir la porte du diffuseur.

Les portes inférieures ont jusqu'à 1 mètre de diamètre lorsqu'elles sont horizontales. Elles ont environ 500 lorsqu'elles sont latérales. Une articulation avec clavette et deux crampons solides complètent l'agencement de la porte inférieure. Quant à la porte supérieure, elle reçoit un joint plein en caoutchouc, un robinet recourbé pour l'expulsion de l'air et se ferme au moyen d'une arcade en fer et d'une vis de pression centrale maintenant un couvercle en fonte. Cette arcade est articulée pour l'ouverture de la porte.

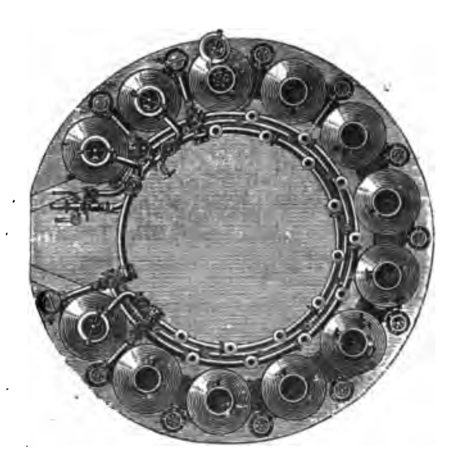


Fig. 18.

Entre chaque diffuseur on dispose pour le chauffage un calorisateur. Cet appareil se compose d'une chemise en fonte dans laquelle se trouve soit un faisceau tubulaire maintenu par deux plaques tubulaires, soit un serpentin en cuivre. La surface de chauffe des calorisateurs est calculée à raison de 1 mètre par 10 hectolitres de capacité du diffuseur.

Sur la conduite qui réunit le calorisateur à la partie supérieure du diffuseur, c'est-à-dire sur la conduite de communication se trouve disposé un thermomètre à mercure ou un thalpotasimètre à vapeur de pétrole (fig. 19 et 20).

A la partie inférieure le serpentin de vapeur du calorisateur se rend dans un retour d'eau par l'intermédiaire d'un clapet de retenue. Dans quelques installations, on supprime les calorisateurs et on chauffe directement chaque diffuseur au moyen d'un éjecteur de vapeur.

La batterie de diffusion est complétée par un bac à jus ou bac mesureur qu'on installe en double. Ce bac est muni d'un flotteur ou d'un appareil enregistreur automatique d'Horsin-Déon.

A la partie inférieure les diffuseurs reposent sur des dés en maçonnerie avec chape en ciment. Ces dés forment un cuvelage conique recouvert d'une tôle perforée et aboutissant à la fosse de l'élévateur à cossettes. La crépine d'aspiration de la pompe à eau de diffusion est placée à la partie la plus inférieure. Dans les batteries en ligne règne en outre un entraîneur de cossettes qui conduit à l'élévateur à cossettes.

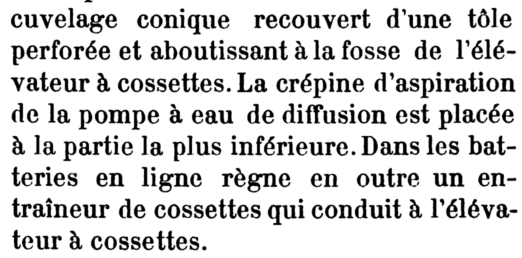


Fig. 19.

Le personnel nécessaire au service de la batterie de diffusion est le suivant : un homme à la benne de la régie, un chef de batterie, un aide de batterie, un gamin au bac mesureur et un ou deux hommes dans la fosse à cossettes.

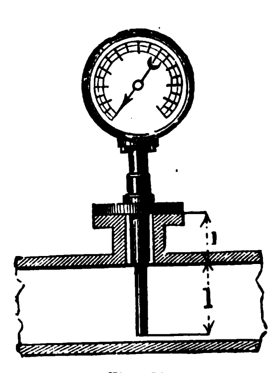


Fig. 20.

A la partie supérieure et en connexion directe avec la conduite d'eau se trouve placé le bac d'eau. Sa hauteur au-dessus de la batterie est de 8 à 10 mètres et sa contenance doit être suffisante pour qu'on ne risque pas de manquer d'eau au premier arrêt de la pompe. On lui donne une contenance de 5 ou 6 diffuseurs. L'eau employée est et doit être aussi chaude que possible afin d'économiser la vapeur directe. On utilise avec succès l'eau chaude des pompes à air ou l'eau de condensation des pompes ammoniacales si elles sont en excès. Habituellement, l'eau employée à la diffusion a 35 à 40°, mais on est sou-

vent gêné, surtout dans les installations où la cossette s'évacue difficilement, par les plaintes des ouvriers qui ne peuvent rester pieds nus dans une eau aussi chaude.

L'air comprimé nécessaire au service des batteries où l'eau est insuffisante est obtenu à une pression de un à deux kilos, soit par une pompe de compression mue par une courroie, soit par les pompes Westinghouse ou Wenger employées pour le service des freins à air comprimé pour les trains de chemins de fer. Pour ces deux dernières pompes à action directe la vapeur de retour est utilisée pour les chauffages.

Quelquefois, la pression de la batterie s'obtient au moyen d'une pompe munie d'une soupape équilibrée et d'un retour dans le bac d'aspiration, mais ce système est moins bon car la pompe doit constamment fonctionner.

Nous arrivons maintenant au fonctionnement de la batterie.

Les betteraves arrivent au coupe-racines qui les débite en cossettes. Celles-ci tombent par la trémie dans les diffuseurs ou sont chargées au moyen d'un transporteur quelconque, selon les batteries et les systèmes. Pendant le chargement, on aide avec un mouvron ou une perche en bois le tassement des cossettes dans le diffuseur. Chaque diffuseur peut contenir 48 à 54 kilogrammes de cossettes par hectolitre de capacité. Lorsque le chargement est fait on ferme la porte du haut et on ouvre le robinet d'air.

Nous supposons, pour le moment, que le travail est en pleine marche, on ouvre alors la soupape à jus de ce diffuseur et la soupape à jus du diffuseur suivant, vide. Le jus passe dans le calorisateur suivant et remonte dans le diffuseur qui vient d'être chargé, par la partie inférieure. Tous les calorisateurs de tête sont ouverts, sauf celui du diffuseur vide pour que le jus arrive chaud sur la cossette et que le mélange ait 28-30° C. Lorsque le jus sort par le robinet d'air, on ferme ce robinet, on ferme également la soupape à jus de ce diffuseur et on ouvre celle de communication.

Désignons le diffuseur qu'on vient d'emplir par le numéro 16.

Pendant l'opération du meichage (1) les soupapes suivantes sont ouvertes :

(1) Mot qui vient de l'allemand *maischen*, brasser, et qu'on emploie maintenant en France.

Eau, 1.
Communication, 2, 3, 4, 5, 6. . . . . . . 13, 14, 15.
Jus, 16, 1.

Lorsque le meichage est achevé, on soutire pendant qu'on vide le n° 1 et qu'on met la pression d'eau sur le numéro 2.

Les soupapes ont maintenant la position suivante. Ouvertes :

Eau, 2.
Communication, 3, 4, 5,. . . . . . 13, 14, 15, 16.
Jus, 2.

Il faut bien remarquer que pendant le meichage le courant est renversé et que le jus entre dans le diffuseur nouvellement chargé de cossettes fraîches, en montant pour déplacer l'air plus facilement.

Certains industriels apportent une variante à ce procédé. Ils meichent sans renverser le courant. D'autres, forcés, meichent à l'eau et soutirent à l'air comprimé pendant une partie du soutirage.

Le diffuseur 16 vient d'être chargé. Nous avons vu que pendant cette opération on fait subir au suivant, numéro 1, les opérations suivantes. Aussitôt le meichage de 16 achevé, on a retiré la pression de 1 pour la porter sur 2. On a ouvert la vidange de l'eau de 1, puis quelques instants après, vers le milieu du soutirage de 16, on vide complètement 1 en ouvrant la porte du bas. Toute la masse de cossettes s'échappe dans la fosse et est prise par l'élévateur pour être envoyée aux presses Klusemann. On lave l'intérieur du diffuseur en ouvrant de quelques tours la soupape d'eau qu'on referme presque aussitôt, puis on ferme la porte du bas lorsque toute l'eau s'est écoulée. Le diffuseur 1 est alors prêt à recevoir de nouvelle cossette.

Pendant la série des opérations que nous venons d'indiquer on doit observer rigoureusement les points suivants :

1° Tenir fermée la soupape générale de jus pendant le meichage et ne l'ouvrir qu'au moment du soutirage ;

2° Ouvrir toutes les soupapes de vapeur de la quantité suffisante pour que, par exemple, avec une batterie de 14 diffuseurs,

Le numéro 13 ait 40° C.
— 12 — 50° C.
— 11 — 60° C.
— 10 — 75° C.
— 9, 8, — 75° C.

et ainsi de suite, en ne dépassant pas 75°.

On ne chauffe plus les autres qui se refroidissent peu à peu sous l'influence de l'eau, à 35-40°.

Ces règles pour le chauffage ne sont pas absolues et dépendent de conditions locales diverses : température de l'eau, nombre de diffuseurs. Nous avons pris ici l'exemple d'une batterie, permettant avec 14 ou 16 diffuseurs d'obtenir un très bon travail et un très bon épuisement.

Ces conditions changent naturellement selon que l'on a des batteries de 10 et 12 diffuseurs, ce qui est rare aujourd'hui.

Une précaution utile est de fermer le joint hydraulique du diffuseur qu'on vient de refermer après vidange, et de fermer la vidange du diffuseur.

Le soutirage est variable selon la densité du jus soutiré, le nombre de diffuseurs et l'épuisement des cossettes.

Pour une diffusion en marche régulière, on observe les densités suivantes au fur et à mesure qu'on s'éloigne du diffuseur le plus nouvellement chargé.

	Densité	Pureté apparente		Densité	Pureté apparente
1. ..	4,2....	81,0	7....	0,4....	75,0
2....	4.2 ...	85,7	8....	0,3....	68,0
3....	4.1....	82,8	9....	0,2....	63,0
4...	1,2....	86,8	10....	0,2....	57.0
5...	0,8....	89,0	11....	0,1....	41,0
6....	0,5....	77,0	12....	0.05...	30,0
			13....	0,02...	20,0

Ces chiffres sont sujets à des variations sensibles (1).

Dans une diffusion bien dirigée, il ne doit y avoir aucune

(1) Le plus souvent ces basses puretés sont trouvées par défaut d'exactitude des instruments et ensuite parce que l'eau ordinaire contient des matières en dissolution, en outre il y a un peu de substances en suspension. Mais si l'on purifie ce jus par la carbonatation, et si l'on adopte un coefficient en admettant l'emploi de l'eau distillée, les puretés remontent à 70, 75, 80; sans cela ces jus devraient être rejetés comme ne pouvant pas donner de sucre.

interruption dans la circulation du jus et le temps employé pour chaque diffuseur doit être toujours le même.

Lorsqu'on veut mettre la batterie en marche, on opère ainsi : On remplit un diffuseur d'eau froide, puis on met la pression dessus ; on ouvre la soupape de vapeur de son calorisateur, puis la soupape de communication du diffuseur suivant. On chauffe à 70°, par exemple ; on remplit un troisième diffuseur d'eau à 60° et le quatrième est enfin chargé de cossettes. On meiche ce diffuseur comme à l'ordinaire et on continue le travail comme nous l'avons décrit. Lorsque la densité du jus est assez forte, on commence à soutirer ; jusque-là on n'avait fait que meicher. Lorsque le cycle complet de la batterie est parcouru, on se trouve dans les conditions d'une marche normale.

Le procédé de marche que nous venons de décrire est le procédé classique. Mais bien souvent pour activer la marche de la batterie, on transforme celle-ci en deux batteries de 8 diffuseurs ou de 7 si la batterie avait précédemment 16 ou 14 diffuseurs.

Soient les diffuseurs 1, 2, 3... 14. Le diffuseur 1 vient d'être rempli de cossettes, et on meiche avec de l'eau chaude prise au diffuseur 14, pour le début du travail. Ensuite on emplit 7 de cossettes, qu'on meiche avec l'eau chaude de 6. On continue ainsi en emplissant alternativement 2 et 8 ; 3 et 9 ; 4 et 10 ; 5 et 11 ; 6 et 12.

Lorsque le jus a une densité suffisante on soutire. A ce moment, on commence à procéder à la vidange des diffuseurs épuisés en meichant dans une des batteries, tandis qu'on soutire dans l'autre. Pour transformer ainsi une batterie, il n'est pas nécessaire de lui faire subir de grandes modifications, il suffit d'interposer une soupape d'arrêt sur la conduite à jus de façon à l'isoler au milieu, entre les diffuseurs 7 et 8 et de mettre une seconde soupape générale à jus. La première soupape reste constamment fermée et n'est ouverte que si l'on veut rétablir la batterie primitive.

Dans ce mode de travail, on chauffe fortement tous les diffuseurs. Cela est nécessaire puisqu'on n'a plus à sa disposition que 7 diffuseurs sur 14. Le temps de la diffusion est abrégé puisque la circulation est plus rapide.

Voici quelles sont les températures qui sont préférables.

Diffuseurs	1, 8,	2, 9,	3, 10,	4, 11,	5, 12,	6, 13,	7, 14.
Températures	vide,	55,	71,	72,	75,	65.	»

Il est avantageux d'employer des couteaux donnant de la fine division. Certains mêmes préconisent de la cossette à 2 mm. de largeur et 1,5 d'épaisseur, et abaissent la température à 70°, afin de ne pas transformer la pulpe en bouillie.

L'avantage de scinder la batterie en deux permet un meichage et un soutirage très rapides, par suite de la diminution de la résistance dans la batterie ; le temps de la diffusion est diminué, mais, malgré cela, l'épuisement est aussi bon, parce que la température est en moyenne maintenue plus élevée.

Un autre procédé de diffusion consiste à supprimer le meichage. Le meichage, tel qu'on le pratique aujourd'hui, n'envoie au bac que du jus moins dense que celui qui reste dans la batterie. Certains fabricants suppriment le meichage par le bas, ils meichent par le haut, en maintenant le robinet d'échappement d'air ouvert, et lorsque le diffuseur est plein, ils continuent en soutirant et sans toucher aux soupapes, sauf à la soupape du bac jaugeur. En opérant ainsi, on a avantage à employer du jus très chaud qui épuise très efficacement la cossette fraîche.

Nous croyons intéressant de donner la quantité d'eau nécessaire à la diffusion.

Soit d la densité du jus initial, d' la densité moyenne au soutirage, la betterave contenant 95 p. 100 de jus ; a est la quantité d'eau pour cent de betteraves.

$$d + a = d(1 + a)$$

d'où l'on tire

$$a = \frac{(d - d')}{d' - 1} \times 100 \text{ pour 100 kilogrammes de jus}$$

soit une betterave à 1,065.

En appliquant la formule pour ramener cette betterave à la densité de 1,045, on aura

$$a = \frac{1{,}065 - 1{,}045}{1{,}045 - 1} = \frac{0{,}02}{0{,}045} = 44 \text{ k. } 44.$$

Mais, comme la betterave contient 95 de jus seulement, ce

nombre devra être multiplié par 0,95 et donnera 42 k. 180 soit 142 kil. 180 de jus à 4°,0 ou 136 lit. 6.

Dans cet exemple nous avons supposé que la batterie avait peu de diffuseurs, ce qui explique la forte quantité de jus obtenue. Mais avec les betteraves qu'on travaille aujourd'hui on peut très bien, par un travail soigné, obtenir du jus dont la

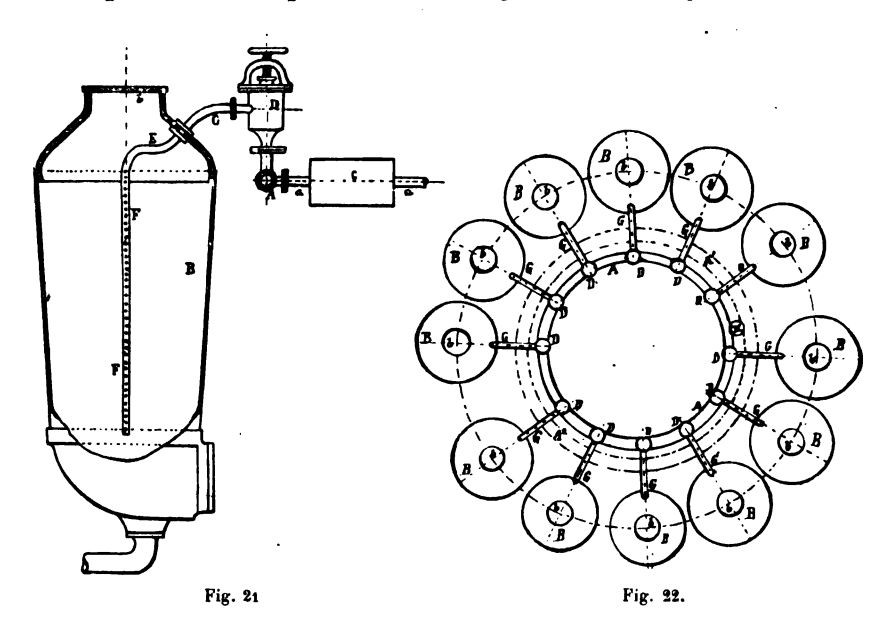


Fig. 21 Fig. 22.

A Conduite de jus chaud spécial pour le meichage.
B Diffuseur.
C Injecteur ou calorisateur pour le chauffage du jus.
D Soupape de meichage.
E Introduction du jus dans le diffuseur à meicher.
F Tuyau perforé de 90 millimètres de diamètre, percé de trous de 7 millimètres, en proportion telle que tous les trous répartis sur une hauteur de 10 centimètres correspondent a la section du tuyau de 90 millimètres.

densité n'est que les 9/10 de celle du jus initial et obtenir ainsi environ 115 litres de jus par 100 kilogrammes de betteraves, chiffre qu'on tend à réduire encore. La formule ci-dessus suppose que le jus a été dilué uniformément dans l'eau, ce qui n'est pas absolument exact puisque l'épuisement a eu lieu par épuisements successifs. A la quantité d'eau donnée par la

formule, il faut ajouter, lorsqu'on ne travaille pas à l'air, un demi-hectolitre environ par hectolitre de capacité du diffuseur.

Récemment, Garez a préconisé un système spécial de travail à la diffusion (fig. 21 et 22).

Son procédé consiste :

1° A lancer un jet de vapeur détendue sous le plateau du coupe-racines pour élever la température de la lamelle vers 30° avant son entrée dans le diffuseur.

2° A meicher le diffuseur avec du jus porté à une température voisine de 100° et à le répartir uniformément sur la lamelle au fur et à mesure de l'emplissage à l'aide d'un tuyau perforé pénétrant dans le diffuseur et mis en communication avec une conduite spéciale amenant le jus bouillant.

Toutes les lamelles reçoivent la même quantité de jus chaud et sont portées à une température voisine de 70°. Dans ce procédé on meiche tout en poussant au bac mesureur.

Le jus sortant du diffuseur de tête est divisé en deux parties : l'une va au bac mesureur, l'autre passe par trois injecteurs Julius Blancke et est chauffé à 100° avant d'entrer au diffuseur suivant. L'écoulement est continu au bac mesureur et on gagne du temps sur la marche de la diffusion.

La conduite de la diffusion est très simple par le système Garez, et Vivien a constaté les températures suivantes :

Température du jus au bac jaugeur 70°. — *Température du jus de meichage de* 95 à 105°.

Diffuseurs chauffés					
N° 1	Température	85°	N° 8	Température	75°
» 2	»	85°	» 9	»	70°
» 3	»	83°	» 10	»	66°
» 4	»	82°	» 11	»	55°
» 5	»	81°	» 12	»	45°
» 6	»	80°	» 13	Eau	30 à 35°
» 7	»	80°	» 14	En vidange	

Pendant le travail de la diffusion on peut être en butte à certains accidents. Il arrive, en effet, pendant un arrêt prolongé, que la cossette se dépose au fond des diffuseurs, sinon de tous

du moins de quelques-uns, surtout dans ceux de queue par suite de la cuisson. Lorsqu'on remet en marche la circulation se fait très lentement et si le collage, selon l'expression employée, est important, la circulation ne se fait plus du tout. Le remède à cet accident est facile à employer. Il suffit de reprendre chacun des diffuseurs par la queue, de l'isoler du reste de la batterie, c'est-à-dire des diffuseurs de tête et de mettre la pression d'eau dessus en ayant au préalable fermé la soupape d'eau du dernier diffuseur. La circulation s'établit en sens contraire et le courant relève les lits de cossettes. Lorsqu'on effectue cette opération, il est prudent de remettre les faux fonds perforés ou crépines des portes supérieures des diffuseurs afin que les cossettes ne pénètrent pas dans les calorisateurs. Lorsque la circulation n'est que ralentie, on met la pression d'eau seulement sur le premier diffuseur meiché et on envoie deux ou trois hectolitres d'eau dans la batterie.

Le défaut de circulation est dû aussi à la présence de gaz à la partie supérieure des diffuseurs. Ces gaz ont une double origine. Ils proviennent le plus ordinairement de l'air emprisonné dans les cellules de betteraves et mis en liberté par le chauffage. Dans d'autres cas, peu fréquents à la vérité, ils peuvent être dus à des fermentations dont la cause réside dans l'altération des racines. Il est facile de s'en débarrasser, en purgeant souvent la batterie, c'est-à-dire en ouvrant plusieurs fois le robinet d'expulsion d'air dont est muni chaque couvercle de diffuseur et on tire chaque fois un ou deux seaux de mousse jusqu'à ce que le liquide apparaisse. Cette opération doit être renouvelée au moins deux fois pour chaque tournée de la batterie.

On peut encore utilement se servir de l'appareil d'échappement automatique de gaz et de mousses, système Labbé, qui se compose d'une boîte cylindre en bronze, terminée à sa partie inférieure par une bride servant à le fixer sur le diffuseur. Il est divisé en deux parties A et B par la cloison C. A l'intérieur de la partie A, se trouve logé un flotteur D surmonté d'un tube E qui lui sert de guide, — Ce tube est ouvert à sa partie supérieure, et fermé à sa partie inférieure, par une cloison au-dessus de laquelle se trouvent des ouvertures F, G, G., qui

établissent la communication des deux parties A et B quand le flotteur est en bas de sa course (fig. 23).

La partie supérieure du flotteur est garnie d'une rondelle de caoutchouc H, formant clapet, qui supprime la communication A et B quand le flotteur est levé. Sur la cloison C se trouve fixée une soupape de sûreté à ressort fermant le trou J. L'appareil est fermé à sa partie supérieure par une rondelle perforée qui sert de guide au tube du flotteur.

Lors du meichage, l'air contenu dans le diffuseur s'échappe par la crépine de la bride K, passe autour du flotteur, pénètre dans le tube E, et sort par son extrémité ; les mousses suivent le même chemin et viennent se loger dans la partie B, et, lorsque le liquide arrive dans l'appareil, il soulève le flotteur qui vient appliquer sa rondelle de caoutchouc H contre le siège L, et ferme ainsi la communication entre les deux parties A et B de l'appareil. Pendant la vidange du diffuseur, le flotteur n'étant plus soutenu par le liquide, descend par son propre poids, rétablit la communication qu'il avait interrompue en se levant, et la mousse contenue dans la partie supérieure de l'appareil retombe dans le diffuseur. Si pendant le remplissage du diffuseur, la pres sion du gaz vient à dépasser la limite de tension du ressort de la soupape de sûreté, cette soupape se levant, laissera échapper l'excédent de pression et supprimera ainsi le tassement des cossettes dans le diffuseur.

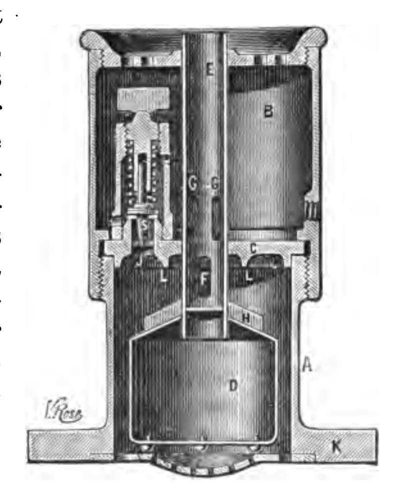


Fig. 23.

L'appareil d'échappement automatique des gaz de diffusion du système Labbé, donne les avantages suivants :

1° Echappement complet et automatique de l'air contenu dans le diffuseur pendant le meichage, suppression des robinets installés à cet effet.

2° Suppression complète de la projection des mousses à l'extérieur des diffuseurs.

3° Sortie des gaz supprimant le tassement anormal des cossettes et permettant d'obtenir leur épuisement complet.

L'appareil peut se fixer sur tous les systèmes de diffuseurs; il a fonctionné la campagne dernière sur chaque diffuseur de la Sucrerie de Ribécourt, où il a donné les meilleurs résultats.

Une condition indispensable d'un bon épuisement est que la cossette fraîche soit bien distribuée dans le diffuseur et soit bien tassée, afin que des galeries, des *lièvres* où le jus passerait de préférence ne se produisent pas pendant la circulation. Pour obtenir ce résultat pendant le chargement et lorsque le diffuseur est presque plein, on tasse la cossette avec un mouvron en bois. Lorsque ces lièvres se produisent, on s'en aperçoit en faisant l'analyse de la cossette épuisée et en prélevant des échantillons en divers points du diffuseur et en les analysant séparément. On trouve ainsi des différences considérables dans les épuisements.

Lorsqu'on est obligé d'arrêter la batterie pour une raison quelconque pendant plusieurs heures on doit, outre la purge, tirer de temps en temps un diffuseur à vider le dernier, c'est-à-dire que chaque fois on met la pression d'eau sur un nouveau diffuseur.

Une précaution qu'on ne doit jamais négliger c'est la fermeture de toutes les soupapes de vapeur au moindre arrêt de la circulation. On évite ainsi l'explosion des calorisateurs.

Lorsqu'on travaille des betteraves altérées ou anormales qui donnent beaucoup de sels de chaux dans les sirops et lorsque ceux-ci sortent neutres de l'appareil d'évaporation, on a avantage à ajouter du carbonate de soude anhydre à la diffusion dans le diffuseur qu'on va meicher à raison de 1 gramme par hectolitre de capacité du diffuseur.

Dans un but d'épuration, Schiller recommande l'addition d'hydrosulfite de soude dans la batterie, de façon à obtenir un jus acide. Les matières azotées sont précipitées et il n'est nécessaire que d'employer que 1/2 à 3/4 p. 100 de chaux ultérieurement.

C. — Presses a cossettes.

Lorsque la diffusion est achevée on vide les diffuseurs. Pour cela on ouvre le robinet qui se trouve à la partie la plus inférieure du diffuseur, sans cependant laisser vider complètement ce dernier, puis on desserre le joint hydraulique et on ouvre la porte inférieure. A ce moment on ouvre le robinet d'air du couvercle supérieur.

Toute la masse sort du diffuseur.

La pulpe tombe ainsi dans la fosse et on l'aide généralement à se rendre sur l'élévateur à pulpe au moyen de fourches.

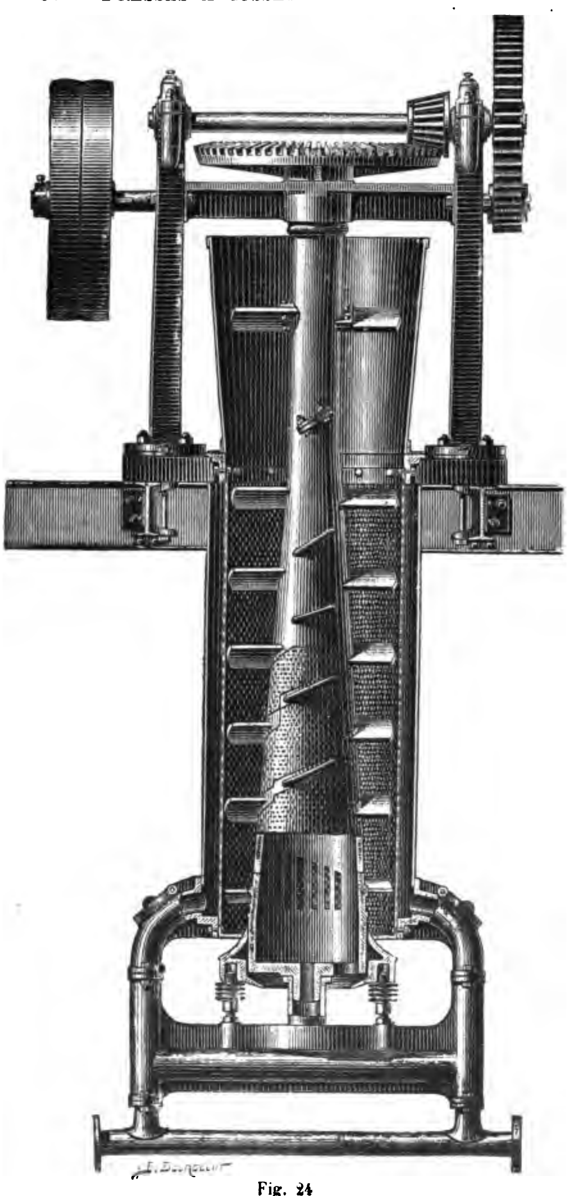


Fig. 24

L'eau d'égouttage filtre au travers du fond perforé et est reprise par une pompe. Elle sert à l'alimentation des laveurs.

L'élévateur à cossettes se compose d'une double chaîne enroulée sur deux poulies à gorge et garnie de godets en fer plat. Ces godets sont guidés entre deux cornières, comme l'élévateur à betteraves. Lorsqu'on peut disposer d'une fosse profonde on se sert d'un transporteur à hélice qui conduit les cossettes et l'eau au pied de l'élévateur. L'eau passe à travers les trous des godets et est recueillie au dehors. A la partie supérieure de l'élévateur à cossettes, celles-ci tombent dans une nouvelle hélice qui les distribue aux presses.

Les presses le plus généralement employées sont les presses Kluzemann.

Presses Kluzemann. — Cet appareil est représenté par les fig. 24 et 25. Les cossettes entrent dans un entonnoir et sont amenées par l'élévateur dans une chambre entre le cône et la paroi en tôle perforée où elles sont pressées et débarrassées de leur excès d'eau. Le cône s'élargit au fur et à mesure que la cossette descend, contrainte par les bras en fonte ou en fer dont est muni le cône et qui, par le mouvement de rotation, entraîne la masse vers le bas.

L'eau de pression s'écoule entre la tôle perforée et la paroi pleine extérieure, passe par un tuyau et sort, tandis que la pulpe sort par petits paquets. Un cône en fonte dont la hauteur se règle par des écrous permet de régler la pression et le débit de la presse.

La pulpe de diffusion renferme 95 p. 100 d'eau à la sortie des diffuseurs. Cette presse permet de ramener ce taux d'humidité à 86 p. 100 au minimum, ce qui correspond à 35,9 p. 100 de la pulpe initiale non pressée. Ces presses dépensent assez de force (1 cheval 1/2). Le mouvement est donné par une poulie et un engrenage. Le débit moyen d'une presse pour 90 p. 100 d'humidité (soit 50 p. 100 de pulpe) est de 50.000 à 60.000 kilogrammes de betteraves par jour.

Il existe d'autres presses à pulpes. Nous citerons, sans les décrire, la presse Bergreen dont la construction est analogue à la presse Kluzemann et la presse Selwig et Lange. Toutes ces presses sont basées sur la pression sur une tôle perforée par

rétrécissement graduel de l'espace réservé au passage de la pulpe.

La presse Bergreen est plus puissante, elle absorbe 4 chevaux et peut servir pour un travail de 125 tonnes par jour.

Le travail des presses à cossettes est soumis à des perturbations dont la cause doit être recherchée dans le mauvais travail de la diffusion.

Lorsqu'on chauffe trop les diffuseurs, la pulpe devient très molle et ne se presse pas. En outre, elle ralentit le débit de la presse. Il faut, pour le bon fonctionnement des presses que la cossette n'ait pas subi une température réelle supérieure à 80°.

A la sortie des presses la pulpe est recueillie en tas et on l'ensile au fur et à mesure en la piétinant.

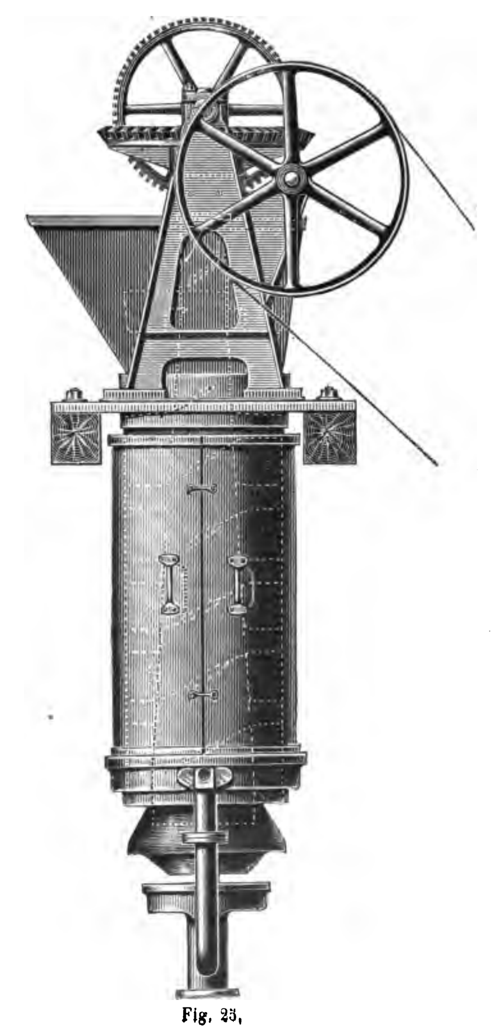


Fig. 25.

Les silos les plus recommandables sont ceux en maçonnerie avec drains et sole en pente pour l'écoulement de l'eau. Cette pulpe ne tarde pas à entrer en fermentation alcoolique, puis acétique et enfin butyrique. Son volume diminue considérablement et l'eau en excès s'écoule au

dehors. Dans cet état, elle est plus facilement acceptée par le bétail.

Dans le but de donner une valeur plus grande à la pulpe pressée, on a proposé de la dessécher dans des fours spéciaux.

Les procédés employés dans ce but sont ceux de Büttner et Meyer et de Mackensen.

Voici en quoi consiste le premier procédé.

Les cossettes froides humides sortant des presses arrivent dans une chambre dans laquelle pénètrent les produits de la combustion d'un foyer. Ces gaz ont une température de 400°. Tant que la cossette reste humide, sa température ne dépasse pas 100°. Pendant l'évaporation, il est nécessaire que la cossette soit remuée, mais cette agitation doit être méthodique et la cossette avance dans la direction des gaz chauds.

A la sortie du four, la température des gaz ne dépasse pas 110°. Il n'est pas nécessaire de dessécher complètement la pulpe, car à l'air elle reprendrait avec avidité 12 à 15 0/0 d'humidité. On s'arrête lorsque la teneur en matière sèche est de 88 0/0.

L'appareil Büttner et Meyer est à plusieurs étages et la dessiccation est conduite méthodiquement.

L'appareil de Mackensen est basé sur les mêmes principes que le précédent, mais la pulpe circule dans des tambours qui sont animés d'un mouvement de rotation, ce qui nécessite une dépense de force. Voici les données de l'installation pour 300 tonnes de betteraves par jour : une machine de 15 à 20 chevaux est nécessaire et est comprise dans le devis complet qui s'élève à 75.000 francs, y compris bâtiments, cheminée et transmissions.

D'autres appareils sont utilisés en Allemagne. Nous citerons l'appareil Petry et Hecking qui a la forme d'un four à potasse.

Les frais de dessiccation sont naturellement élevés et en raison du prix du combustible. Ils sont d'après Maercker et Morgen pour une moyenne de 7 fabriques, de 0 fr. 175 à 0 fr. 295 par 100 kilos de cossettes humides à 90 0/0 d'eau. Le rendement est de 100 kilos de cossettes sèches pour 800 à 1.100 kilos de cossettes humides.

Les cossettes sèches sont très bien acceptées par les animaux et ils s'y habituent très bien.

Voici leur composition d'après Maercker et Morgen :

	Cossettes sèches.	Cossettes humides récentes.	Cossettes humides conservées.
	—	—	—
Matières protéiques..	6.54	0.89	1.07
Cellulose	18.57	2.39	2.80
Matières non azotées et graisse..	56.29	6.32 0.05	6.41 0.11
Cendres	6.02	0.58	1.09
Eau..........................	12.58	89.77	88.52
	100.00	100.00	100.00

La régularité dans l'alimentation des presses à cossettes est une des conditions de leur bonne marche. Pour que la pulpe soit bien pressée, les presses ne doivent jamais être vides ou à moitié vides.

D. — Controle de la diffusion.

Le contrôle de la diffusion comprend les opérations suivantes :

Analyse des betteraves, des cossettes, du jus de diffusion, des cossettes épuisées, de l'eau de vidange des diffuseurs et de la recherche du sucre dans les eaux de condensation des calorisateurs et du dosage de l'humidité dans la pulpe pressée.

Analyse des betteraves. — Nous avons suffisamment donné de détails dans le chapitre I pour qu'il ne soit pas utile d'y revenir ici.

Analyse des cossettes fraîches. — C'est sur les cossettes fraîches prélevées regulièrement à la sortie du coupe-racines qu'on dose le sucre entré à la diffusion, car on a reconnu qu'il y a une différence de 0.2 à 1 0/0 en plus, en opérant sur les betteraves entières prélevées même en grande quantité. Cet échantillon est passé dans un hache-viande, on le mélange bien et on en fait le dosage du sucre par le procédé de digestion aqueuse. On opère en double. Connaissant le poids des betteraves travaillées par jour, il est facile d'avoir le sucre entré dans la batterie.

Analyse du jus de diffusion. — Il est nécessaire de bien connaître exactement le volume soutiré; aussi les appareils automatiques sont-ils indispensables. Les échantillons de jus recueillis de préférence sur tous les diffuseurs sont recueillis dans un flaçon contenant du sublimé ou du sous-acétate de plomb solide pour éviter l'altération et on en fait l'analyse. On ramène le sucre trouvé par hectolitre au nombre d'hectolitres dont cet échantillon représente la richesse moyenne et on a ainsi la pureté de ce jus et le coefficient salin.

Analyse des cossettes épuisées. — On passe un échantillon pris à chaque diffuseur au moment de la vidange dans un hache viande *ad hoc* qui ne sert que pour cet usage et on analyse le jus qu'on obtient par expression du magma. Quelques centimètres cubes de sous-acétate de plomb suffisent pour la décoloration. La lecture au polarimètre se fait dans un tube de 40 ou 50 cc. On ramène le sucre trouvé à 100 kilos de betteraves en tenant compte que 100 kilos de cossettes égouttées représentent sensiblement 106 à 108 kilos de betteraves. Cependant, des expériences plus récentes de Rydlewski indiquent que 100 kilos de betteraves donnent environ 100 p. 100 de cossettes épuisées.

On peut vérifier le dosage du sucre dans les cossettes épuisées par la liqueur de Fehling par le dosage au saccharimètre. On pèse le double poids normal dans 200 centimètres cubes, on fait digérer une demi-heure au bain-marie à 85-90°, on complète à 200 centimètres cubes, on agite, on filtre, on polarise dans un tube de 50 ou de 60.

Pour doser directement le sucre dans les cossettes épuisées, on pèse 20 grammes de pulpe, qu'on additionne de 150 cc. d'eau environ dans un ballon de 200 cc. à large col, on porte à l'ébullition durant 15 minutes avec les précautions d'usage, avec addition de 1 gramme d'acide tartrique. Avec l'acide sulfurique, on a trop de réducteur, la cellulose est attaquée. On complète les 200 cc. après refroidissement et on agite, puis on filtre. Avant de compléter exactement à 200 cc. on met quelques centimètres de sous-acétate de plomb pour déféquer la liqueur.

Sur le liquide on dose le glucose à l'aide de 2 ou 5 cc. de liqueur de Viollette

Admettons qu'on ait pris 1 cc. de liqueur de Viollette pour lesquels on a dû employer 8 cc. de liqueur invertie, on a : 1 cc. de liqueur de Viollette = 0 gr. 005 sucre cristallisable, donc 8 cc. = aussi 0,005 de sucre cristallisable. Si 8 cc. = 0,005, 200 cc. = x et x = 0,125 de sucre total cristallisable. Si 20 gr. de pulpe épuisée = 0 gr. 125 de sucre, 100 grammes de pulpe épuisée = 0 gr. 625 de sucre total (sucre cristallisable et sucre inverti).

Pour des cossettes moins riches, on doit prendre 50 grammes de pulpe dans 200 cc. Le calcul est le même.

Analyse de l'eau des diffuseurs. — Cette eau ne contenant que très peu de sucre, on ajoute simplement quelques gouttes de sous-acétate de plomb et on polarise dans un tube de 40 ou 50 centimètres. La lecture faite au polarimètre à poids normal de 16 gr. 20, multipliée par 8,1 pour le tube de 40 et par 6,5 pour le tube de 50 donne le poids du sucre par hectolitre. Lorsqu'on travaille à l'eau, la quantité d'eau de vidange des diffuseurs peut être considérée comme égale au poids de la betterave travaillée. Toutes les pertes doivent être ramenées au poids de la betterave ou de la cossette entrée dans l'usine. Pour tous ces dosages, on dresse des tables évitant tout calcul. Chaque laboratoire a sa table spéciale suivant le saccharimètre et le tube employés.

Le bilan de la perte à la diffusion se fait ainsi :

Sucre entré dans la batterie	A
Sucre dans le jus de diffusion	*a*
— les cossettes épuisées	*b*
— l'eau des diffuseurs	*c*
— les pertes indéterminées	*d*

$$A = a + b + c + d$$

Les pertes indéterminées doivent être aussi faibles que possible. On est dans de bonnes conditions de travail si l'on a les nombres suivants :

Sucre entré dans la batterie		14
Sucre dans le jus de diffusion		13.60
—	les cossettes épuisées (0.25 0/0)	0.25
—	l'eau des diffuseurs (0.05 0/0)	0.05
—	les pertes inconnues	0.10
		14 »

Pertes inconnues. — Ces pertes ont des causes diverses. On peut perdre du sucre dans les eaux de retour des calorisateurs. On le recherche par le procédé calorimétrique de Pellet (1).

La question des pertes inconnues a beaucoup passionné les chimistes pendant ces dernières années. Parmi ceux-ci, Pellet croit devoir affirmer que les pertes indéterminées à la diffusion n'existent pas et que lorsqu'elles se présentent, elles sont dues à la défectuosité des procédés d'analyse employés. Il se base pour asseoir cette affirmation sur ce fait que ces pertes indéterminées sont de moins en moins importantes et que de 0.7 qu'elles étaient autrefois, elles ne sont plus que 0.3. D'ailleurs expérimentalement, avec un contrôle extrêmement rigoureux, on retrouve exactement dans les produits le sucre entré à la diffusion. Elles peuvent encore être dues à des défauts dans la prise des échantillons, à des pertes mécaniques,

Aussi au fur et à mesure que le contrôle est mieux établi, les pertes inconnues à la diffusion sont-elles réduites de plus en plus. Evidemment, après chaque journée, on peut avoir un écart entre le sucre entré et celui retrouvé dans le jus plus les pulpes, mais après la semaine les différences en plus ou en moins s'égalisent. De plus, il faut faire attention au mesurage des jus, tenir compte de la température précise des échantillons à tous les mesureurs, etc., etc. (Voir le travail de Pellet). En outre de l'échantillonnage précis des cossettes fraîches, si l'on n'a pas les moyens de contrôler sérieusement le sucre entré par les cossettes fraîches, mieux vaut ne prendre pour leur richesse que le sucre dans le jus, plus les pertes constatées, on sera plus près de la vérité.

Humidité de la pulpe épuisée. — Le contrôle de la bonne marche des presses à cossettes doit se faire souvent en dosant

(1) Voir plus loin.

l'humidité dans la pulpe. Le petit tableau suivant donne la quantité de pulpe p. 100 de betterave qui correspond à l'humidité trouvée.

Humidité	Matières sèches	Pulpe 0/0 de betterave
95	5	100
94	6	80
93	7	71
92	8	62
91	9	55
90	10	50
89	11	45
88	12	42
87	13	38
86	14	36
85	15	33

Lorsqu'on compare au point de vue analytique le jus de betterave et le jus de diffusion, on trouve en général que la pureté de ce dernier est un peu plus grande que celle du jus de betterave obtenu par la presse.

D'après Pellet, le jus de diffusion contient moins de sucres réducteurs que le jus initial.

E. Filtration des jus verts.

On a préconisé la filtration des jus verts après la sortie de la batterie de diffusion, afin d'éliminer les matières pectiques qui s'unissant à la chaux, se décomposent et forment des sels de chaux. La filtration des jus de diffusion, même ayant subi une températnre de 80° qui coagule les matières albuminoïdes est très difficile et très longue. Pour la faciliter on a proposé d'ajouter au jus une trace de chaux qui donne un précipité plus abondant et plus facile à filtrer. En général les filtres à jus verts ne fonctionnent pas bien et la découverte d'un bon filtre est encore à faire.

Breitfeld, Danek ont proposé un filtre formé de lames perforées dont les trous ont un demi-millimètre de diamètre. Un semblable filtre ne peut guère servir que d'épulpeur.

A ce point de vue mentionnons l'épulpeur Lambert fils, qui se compose d'un cylindre perforé constamment nettoyé par rotation.

CHAPITRE III

ÉPURATION DES JUS

1. Préparation de la chaux.

A. — La pierre a chaux.

Les agents d'épuration les plus employés actuellement pour le jus de betterave sont la chaux, l'acide carbonique, l'acide sulfureux et le baryte, ce dernier comme complément de l'action de la chaux. Nous examinerons donc les conditions de préparation d'emploi de ces épurants.

La chaux s'obtient par la calcination de la pierre à chaux ou carbonate de chaux.

Le carbonate de chaux est très abondant dans la nature, il constitue des assises puissantes de craie, calcaire, marbre, dans un état plus ou moins grand de pureté. Lorsqu'il est pur le carbonate de chaux dont la formule est $CaCO^3$ renferme :

Chaux	56	100.
Acide carbonique	44	

En général les pierres employées se rapprochent plus ou moins de cette composition et la différence est constituée par des impuretés dont le détail est donné par l'analyse suivante d'une chaux cuite d'après Schulz :

Chaux	98.01	60.86
Magnésie	18.09	0.47
Sulfate de chaux	3.47	0.11
Silice	8.80	0.04
Oxyde de fer et alumine	7.27	traces
Sable argile et non dosé	10.81	0.24

Les conditions de bonne qualité d'une pierre à chaux sont indépendantes de sa dureté et de sa couleur. La composition chimique a seule de la valeur. On doit écarter les pierres qui

renferment beaucoup de silice à cause de la formation du verre qui provoque des collages dans le four à chaux. Les pierres ferrugineuses ont l'inconvénient de donner des sulfures et de colorer les sucres en gris. Les pierres à teneur élevée en sulfate de chaux provoquent des incrustations dans les appareils d'évaporation. Quant à celles qui sont magnésieuses, elles donnent de la magnésie soluble dans les jus. Cette base empêche la cristallisation. Certaines pierres renferment des sels alcalins solubles, surtout des chlorures. Il faut bien examiner ces pierres, au point de vue des sels solubles qu'elles renferment et dont l'influence mélassigène est considérable. On réalise une économie considérable de combustible en procédant au printemps, dès que les gelées ont disparu, à l'extraction de la pierre à chaux. Cette pierre est disposée en tas de 3 mètres de hauteur par carrés réguliers espacés entre eux, pour que l'air puisse sécher plus promptement la masse. Ces tas sont abrités sous des hangars analogues aux hangars à betteraves dont nous avons parlé. Dans les conditions favorables, la pierre peut perdre jusqu'à 10 p. 100 de son poids d'eau de carrière.

On peut aussi abriter efficacement le coke. Un tas de 3 mètres de hauteur de pierre correspond à 5.500 kilogr. de pierre, par mètre carré environ, selon la grosseur des blocs de pierre, tandis que le même volume de coke ne correspond qu'à 15 à 1.800 kilogrammes.

On peut aussi remplacer le coke par l'anthracite mais celle-ci se pulvérise trop facilement. Elle est cependant plus pure car elle renferme :

Carbone	93 à 95	p. 100
Cendres	3 à 3,5	»
Matières volatiles	2 à 3,5	»

B. — Le four a chaux.

Les fours à chaux peuvent être rangés en trois catégories :
Les fours continus à foyer direct.
Les fours continus à foyers latéraux.
Les fours continus à gazogènes.
On n'emploie en sucrerie que des fours continus.

Un four à chaux se compose d'une longue cheminée en maçonnerie M, avec revêtemont de briques réfractaires D, assemblées avec du ciment réfractaire (fig. 26). La forme de la cheminée est assez variable. C'est généralement un tronc de cône, terminé à la partie inférieure par un autre tronc de cône dont la grande base est commune avec celle du cône supérieure. D'autres fois, ce tronc de cône inférieur est remplacé par un corps cylindrique. Dans d'autres systèmes le corps du four est simplement conique avec fruit de 1 p. 100. Le diamètre est variable suivant l'importance des installations. On donne aux fours un volume de 50 mètres cubes pour une fabrique traitant 250 tonnes par jour. Quelques constructeurs admettent 0 m³ 30 à 0 m³ 35 de capacité par tonne de betterave, ce qui nous semble beaucoup.

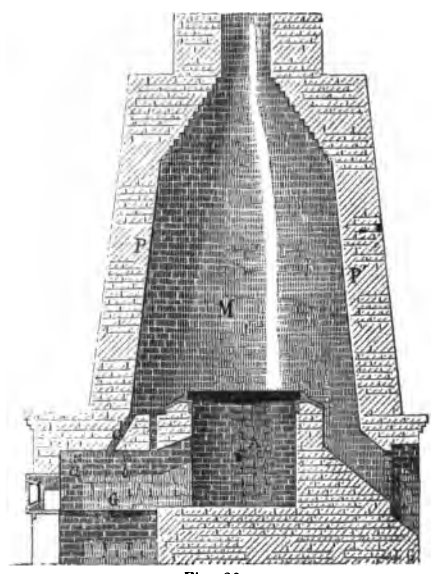


Fig. 26.

A la partie inférieure, le chargement du four repose sur une sorte de grille faite de poutres en fer et qui a pour but de laisser passer l'air nécessaire au tirage.

Latéralement, à la base du four, sont placées des ouvertures inclinées fermées par des portes en fonte, en nombre variable selon le diamètre du four et qui servent au défournement de la chaux cuite.

Enfin dans la paroi en maçonnerie sont ménagées des ouvertures circulaires, munies de plaques en mica, qui permettent de s'assurer de la vivacité de la combustion et de la hauteur de la partie en ignition.

L'épaisseur de la maçonnerie est variable selon les systèmes. Autrefois on donnait une très grande épaisseur. Aujourd'hui,

par l'emploi d'une armature métallique, ou chemise entourant complétement le four, l'épaisseur des parois n'est plus que de 30 à 40 centimètres environ.

Le four à foyers latéraux est identique à celui que nous venons de décrire ; il existe en plus trois ou quatre foyers disposés symétriquement.

A la partie supérieure, le four est terminé par une partie plane au centre de laquelle se trouve une cuvette ou trémie en fonte par laquelle se fait le chargement de la pierre et du combustible. Cette trémie est fermée par un autre cône en fonte maintenu par sa pointe à une forte chaîne enroulée, soit sur un treuil, soit fixée à l'extrémité d'un balancier muni à l'autre extrémité d'un contrepoids. Ce cône favorise la disper sion régulière du chargement à l'intérieur du four.

A la partie supérieure se trouve en outre un ajutage en fonte, muni d'une bride et qui sert de point de départ à la conduite d'aspiration du gaz carbonique.

Le four à chaux est complété par un monte-charge, soit à vapeur, soit hydraulique avec pompe remontant l'eau, soit simplement à treuil. En outre un abri protège le haut du four contre les intempéries.

La troisième catégorie de four appartient à celle avec gazogènes. Ces fours tendent à prendre de nos jours une grande extension parce que l'économie de combustible est notable, la chaux est plus pure et le volume des fours peut être réduit dans des proportions plus grandes.

A la partie inférieure du four à chaux règne une voie ferrée sur laquelle circulent des wagonnets en fer qui servent au transport de la chaux cuite.

Marche du four. — La pierre à chaux doit être aussi pure que possible. Il en est de même du coke. Celui-ci ne doit contenir que peu de cendres. Les limites de ces dernières qu'on ne doit pas dépasser sont de 10 à 12 0/0. La teneur en soufre doit aussi être très faible, car pendant la combustion il se produit de l'acide sulfureux et aussi l'hydrogène sulfuré lorsque la quantité d'air est insuffisante pour brûler ce gaz complètement. Ce dernier gaz a en effet des inconvénients qui ont été étudiés par Herzfeld. Il précipite le fer des solutions sucrées et donne un aspect grisâtre aux sucres fabriqués.

Il est difficile d'avoir du coke sans soufre. On en trouve de 0.60 à 1.50 0/0. Mais cet élément n'a pas grand inconvénient lorsque le four est bien conduit et que le gaz renferme un léger excès d'oxygène. Il se produit de l'acide sulfureux qui est absorbé par l'eau de lavage du gaz, et ne le serait-il pas qu'il n'y aurait aucun inconvénient à voir l'acide sulfureux arriver dans les jus à carbonater.

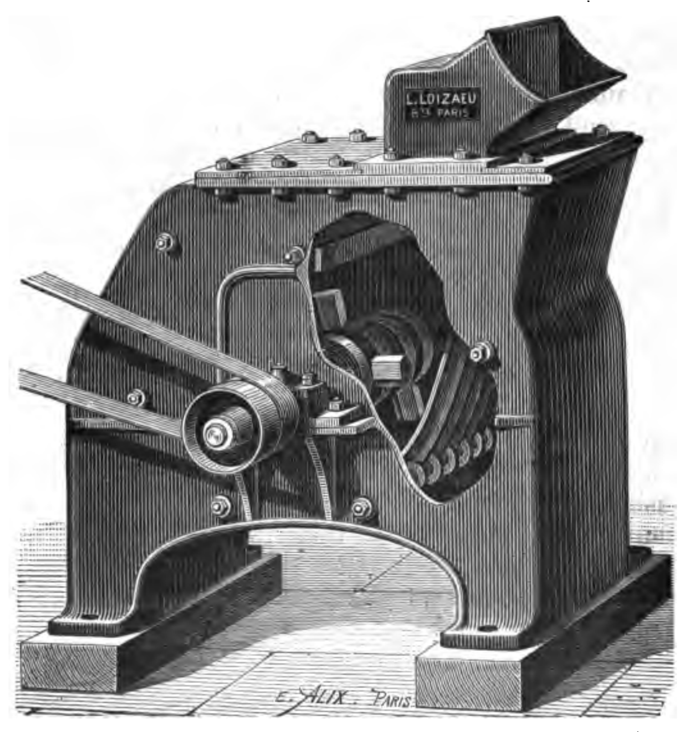


Fig. 27.

Mais lorsque la proportion d'air est insuffisante on trouve de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène sulfuré.

Comme l'hydrogène sulfuré se reconnaît très facilement à l'aide du papier à base d'acétate de plomb, il s'en suit qu'en essayant le gaz du four à chaux avec ce seul papier réactif on peut régler l'entrée de l'air

Le coke doit être en morceaux de 5 à 6 centimètres et la

pierre doit être simplement concassée. Il existe des machines spéciales pour le broyage du coke. Elles sont représentées (fig. 27 et 28). C'est simplement l'état de dureté de la pierre qui est l'indication de la grosseur à donner aux morceaux. Une pierre très dure et peu humide doit être en morceaux petits. La craie, au contraire, qui est tendre et souvent très humide, doit être en morceaux de 10 à 12 cent. environ et cassée en long.

D'ailleurs la hauteur du four intervient, car pendant la chute dans le four, la pierre se brise. Elle se brise aussi lorsqu'elle est très humide. L'humidité est subitement vaporisée par la

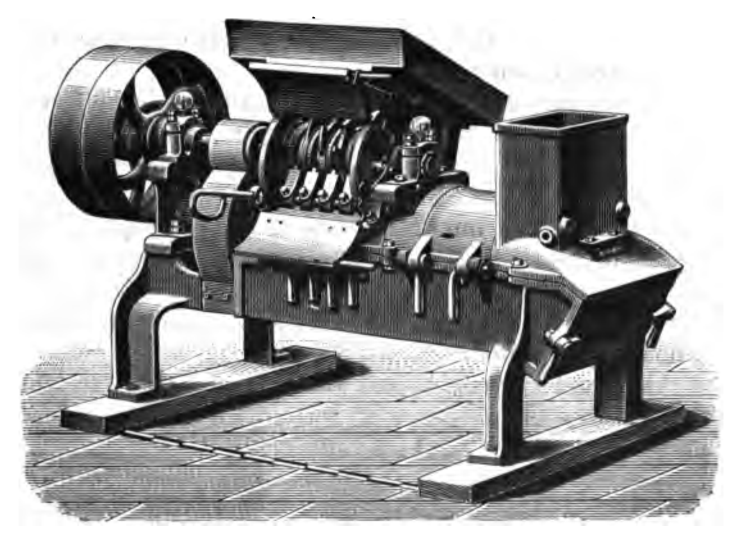


Fig. 28.

température élevée à laquelle la pierre est soumise brusquement, l'eau entre en vapeur et son expansion provoque l'éclatement de la pierre.

Le chargement de pierre et de coke est disposé dans la trémie de chargement, aussitôt qu'un chargement vient d'être fait. On procède ainsi pour que la chaleur de la fonte enlève une partie de l'eau que la pierre retient encore et l'évapore. Il y a des pierres qui retiennent environ 15 à 18 0/0 d'eau de carrière, surtout lorsqu'on les extrait en fabrication et qu'on les emploie immédiatement.

Les proportions à employer sont variables, selon le degré de siccité de la pierre. On emploie au minimum 8 0/0 de coke et au maximum 14. On reste dans une bonne moyenne avec 10 à 12 0/0.

L'emploi d'une quantité trop forte de coke a pour effet de donner un gaz plus riche en oxyde de carbone, tandis que l'excès contraire donne, au contraire, un excès d'air dans le gaz carbonique. L'allure de la machine à gaz, si l'installation le permet, doit être réglée en conséquence.

Les charges sont faites toutes les heures et doivent être très régulières. Le poids de chaque charge est naturellement en rapport avec la quantité de chaux qu'on doit employer, et du gaz qu'on veut obtenir.

Supposons une usine travaillant 250 tonnes de betteraves par jour. La quantité de chaux à employer est en moyenne de 3 0/0 soit 7,5 tonnes de chaux pure. Supposons que le carbonate de chaux ne contienne que 85 0/0 de carbonate, le reste étant de l'eau et des impuretés. Les 85 0/0 correspondront à 47,6 de chaux pure. Par conséquent les 7 1/2 tonnes de chaux seront représentées par 15 tonnes de pierre et comme chaque chargement a lieu toutes les heures, son importance sera de 660 kilos de pierre pour 80 kilos de coke.

La chaux met environ 4 jours au maximum pour être complètement cuite et suffisamment refroidie à la sortie du four. Néanmoins trois jours peuvent suffire.

Lorsque la pierre à chaux est de mauvaise qualité et qu'elle renferme de la silice et de l'alumine, la haute température du four provoque la formation d'une masse fusible qui englobe d'autres parties. Le four est ce qu'on nomme collé. Le même inconvénient se produit aussi contre le revêtement réfractaire avec des pierres alumineuses. Tout le four, ou du moins la partie la plus chaude se prend en masse, forme un dôme impénétrable. La seule ressource pour venir à bout du collage, consiste à briser cette croûte avec des barres de fer. Horsin Deon recommande d'y jeter du minium. Le verre de plomb ou silicate basique qui se forme est plus fusible, il sert de fondant et facilite la dislocation de la masse vitreuse. Lorsqu'on ne peut parvenir à décoller le four il ne reste qu'à le laisser s'éteindre ce qui produit un chômage de la fabrique.

La chaleur d'un four à chaux est intense mais ne doit pas être trop élevée. La couleur du feu doit être rouge cerise sur le pourtour et rouge blanc au moment de la charge. Le blanc favorise le collage et le rouge sombre est insuffisant pour provoquer la décomposition du carbonate de chaux. Le vide au-dessus du feu doit être du quart au tiers de la hauteur du four, afin de ne pas brûler la conduite à gaz et la trémie de chargement et de favoriser la combustion de l'oxyde de carbone.

Herzfeld a fort bien étudié les phénomènes qui se passent pendant la calcination de la chaux et l'influence de la température et des impuretés. Une température trop élevée rend la chaux morte et lui enleve la faculté de s'hydrater en présence de l'eau.

Lorsqu'un four à chaux a une allure régulière, la richesse de son gaz en acide carbonique approche de la quantité théorique de 38 0/0. Mais on obtient rarement un gaz aussi riche et en général on s'estime satisfait lorsque la richesse varie entre 30 et 34 0/0 d'acide carbonique.

L'extraction de la chaux ne doit pas seulement se faire par les portes latérales mais aussi par la grille inférieure, afin que les couches de calcaire qui sont dans le four descendent bien régulièrement.

Dans un four qui est en marche régulière on ne doit point voir de partie noires à la partie supérieure, sur le pourtour, car dans ce cas la masse ne serait pas complètement en ignition. On y remédierait en ne défournant pas de ce côté jusqu'à ce que la combustion soit plus régulière.

Lorsque le feu est trop vif dans le four, il faut ralentir un peu la pompe à gaz, mais seulement si l'analyse révèle un excès d'air et si cet excès ne provient pas d'une décomposition insuffisante par suite de l'excès de grosseur des morceaux de pierre ; si cet excès d'air n'existe pas, c'est que le combustible est en trop grande quantité par rapport à la pierre. On diminue alors cette quantité de 1/2 à 1 0/0 jusqu'à ce que la température soit au rouge cerise.

Si, au contraire, la couleur du feu devient plus sombre, le tirage est ou insuffisant ou le combustible est en trop petite quantité. Il est insuffisant si l'analyse indique la présence d'oxyde de carbone qui prouve que la combustion est incom-

plète. Si l'analyse est normale, c'est qu'il n'y a pas assez de combustible.

Il faut prendre bien soin que toutes les conduites du gaz carbonique et que le four lui-même ne laissent pas rentrer de l'air. Les fours déjà un peu anciens surtout ont souvent des fissures dans la maçonnerie par lesquelles l'air pénètre et fausse les indications données par le chimiste.

Le diamètre de la conduite a une importance sur le rendement de la machine à gaz. Si ce diamètre est trop faible il se produit un étranglement du gaz aspiré et la machine agit comme pompe à vide. En général pour un travail de 250 tonnes, on se trouve bien d'un diamètre de 400 millimètres pour la conduite d'aspiration et de refoulement.

Le gaz carbonique aspiré par la pompe à gaz que nous décrivons plus loin, passe d'abord dans un premier laveur où il abandonne des matières empyreumatiques, un peu de son acide sulfureux. Il se refroidit surtout. Ces laveurs sont généralement à tôles perforées ou à calottes (fig. 29) à travers lesquelles le gaz passe. Le courant d'eau se fait en sens contraire de celui du gaz. La question de la température de l'eau à la sortie du laveur a son importance, car on a avantage à se servir d'un gaz froid à la carbonatation. Il est vrai que l'eau froide dissout du gaz carbonique, tandis que cet acide est insoluble dans l'eau chaude. Mais l'inconvénient est plus grave pour le travail lorsque au lieu de faire passer 100 kilos d'acide carbonique réel dans les chaudières, on n'en fait passer dans le même temps que 70 ou 75. Les chaudières sont alors plus longues à se carbonater et on cherche bien souvent un remède lorsque, la solution est bien facile à trouver. Le gaz carbonique ne doit pas avoir plus de 25° à la sortie du laveur (1).

Quelques usines emploient deux laveurs, ce qui est préférable, l'eau du second allant dans le premier laveur qui reçoit le gaz.

Au début de la fabrication, c'est-à-dire 4 à 5 jours avant le

(1) Il est facile de savoir quel volume occupe à t° un volume donné d'un gaz ramené à 0° par la formule $V_t = V_0 (1 + 0{,}00365\ t)$. Ainsi 1 mètre cube d'acide carbonique à 0° occupe à 25° un volume de $1^{m^3},091$, tandis qu'à 60° ce volume est de $1^{m^3},220$ et à 100° de $1^{m^3}365$. A 60° le volume est augmenté de 22 0/0 et à 100° de plus d'un tiers.

commencement du travail, on allume le four à chaux. Pour cela on garnit la base du four et les bouches de déchargement

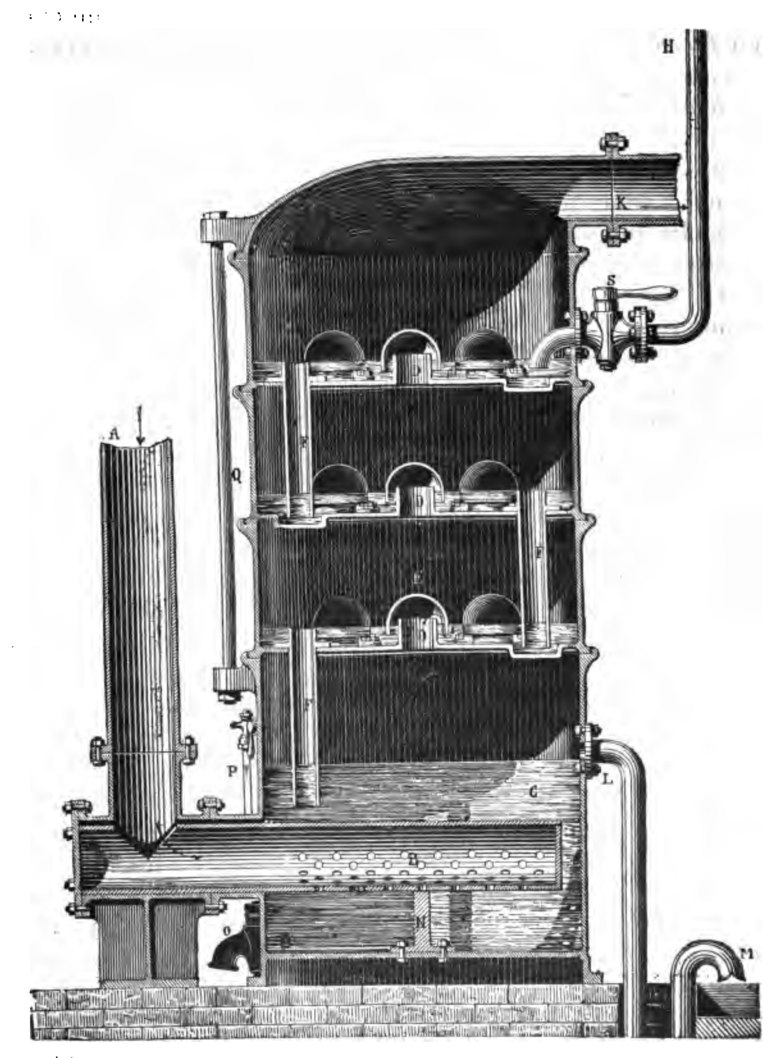


Fig 29.

de fagots. Par dessus on met du vieux bois, des débris de toute sorte, vieilles caisses et enfin du charbon de terre et du coke,

Au-dessus de la pierre et du coke, en augmentant un peu le rapport de celui-ci, on allume en commençant le tirage par la pompe à gaz. Lorsque le tirage est établi, on arrête celle-ci et on ouvre la trémie de chargement. Le tirage naturel se produit vigoureusement. Lorsque le four est bien allumé et que la combustion du bois a cessé, on fait les charges régulières et on ne fait plus le tirage qu'avec la pompe à gaz. Lorsque la chaux est cuite, c'est-à-dire vers le quatrième jour, on commence à défourner. Le four est alors en marche normale.

Quelle que soit la marche du four, lorsqu'on arrête la pompe à gaz, on doit immédiatement entr'ouvrir la trémie de chargement afin d'éviter que l'acide carbonique continuant à se produire ne provoque l'éclatement et la rupture du four.

La marche des fours à gazogène est un peu différente.

Un four à chaux à gazogène bien conduit donne du gaz acide carbonique à 36 pour 100 CO^2 et avec une consommation de coke de 8 pour 100. La pression des gaz dans le gazogène est de 3 centimètres d'eau. La conduite d'un four de ce système est un peu plus délicate que celle des autres fours. Les charges doivent être plus fréquentes et en outre la sole du four est rotative. Le tirage est produit par de la vapeur surchauffée. Le gaz produit pénètre dans le four par un grand nombre de tuyères afin de répartir uniformément la chaleur.

L'avantage des fours à gazogène est de donner une chaux régulièrement cuite et exempte des impuretés que renferment les cendres du coke. En outre leur volume est moins grand que celui des fours ordinaires, car un mètre cube de capacité de four peut donner par jour 500 kilos de chaux cuite. Un four de 30 à 35 m^3 suffit donc pour un travail de 250 tonnes par jour, en supposant un espace vide de 1/5 du volume total, et une durée de cuisson de 3 jours.

L'aspiration du four à chaux est donnée par la pompe à gaz, qui est à double effet. Cette pompe refoule en même temps dans les chaudières de carbonatation.

La pompe à gaz doit avoir une allure très régulière et plutôt lente, 40 à 30 tours par minute, elle doit suffire pour aspirer tout le gaz produit dans le four à chaux soit 150 m^3 CO^2 à 30 0/0 et à 30° par tonne de calcaire à 85 pour 100 de carbonate de coke. Si l'on suppose une usine faisant 250 tonnes de bette-

raves par jour, et la machine à gaz tournant sans aucun arrêt, sauf pour le graissage, soit pendant 23 heures la machine devra aspirer et refouler 490 m³ par minute ou sensiblement 500 m³. Il faut naturellement prendre une machine plus forte puisque c'est la puissance théorique que nous donnons, et tenir compte du rendement de la pompe qui peut être considéré égal à 65 pour 100.

Les pompes à gaz sont généralement à tiroirs plans. (fig. 30) On en fait aussi à clapets. Xhignesse a présenté au Syndicat des fabricants de sucre une très bonne étude sur le réglage des machines à gaz.

La disposition du tiroir des machines à gaz est le contraire de celle du tiroir d'une machine à vapeur, et on doit s'efforcer pour qu'une machine à gaz soit dans de bonnes conditions de

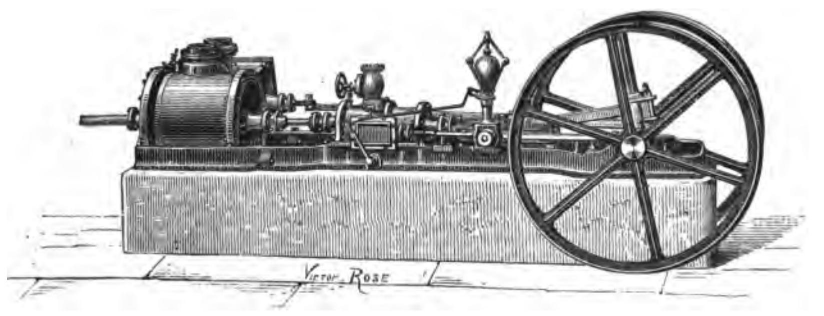


Fig. 30.

fonctionnement d'obtenir que les espaces nuisibles soient réduits au minimum, qu'il n'y ait aucune compression inutile à la fin de la course, que les tuyaux d'aspiration soient très larges, que l'aspiration se continue jusqu'à la fin de la course, qu'il n'y ait aucune avance dans la fermeture à la fin du refoulement, ni non plus qu'il y ait retard à la fermeture du refoulement.

La conduite de refoulement dans les chaudières est en tôle, elle a une large section et est munie des tubulures pour les soupapes de distribution du gaz carbonique dans les chaudières de carbonatation. Ces soupapes sont en fonte. A l'extrémité de la conduite à gaz, et débouchant au dehors, se trouve la soupape de sûreté qui permet l'expulsion au dehors du gaz pendant l'arrêt des chaudières de carbonatation. Cette soupape

6

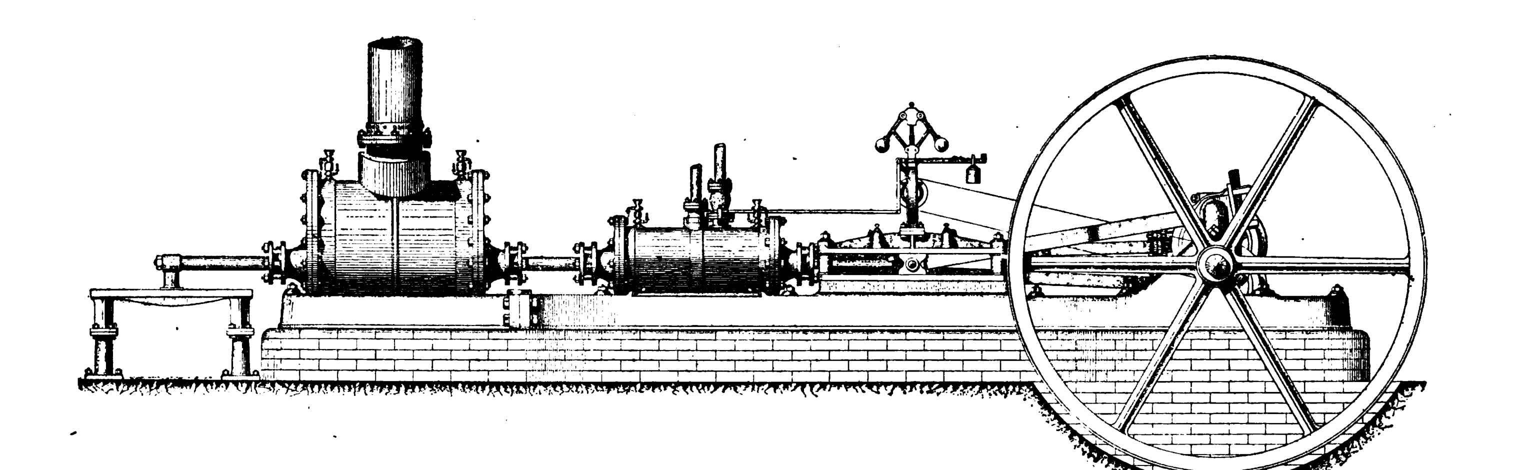


Fig. 31.

est munie d'une rondelle de plomb et se soulève lorsque la pression dépasse 1/2 kilo par un centimètre carré.

Vivien a remarqué dans deux usines la présence dans la conduite de gaz, et après le laveur de sulfate de potasse qui s'était sublimé et qui avait échappé au lavage. Des calcaires alcalins peuvent seuls donner ces concrétions très rares.

Dans le four à chaux les gaz se combinent dans les proportions suivantes :

1 volume d'oxygène combiné au carbone = 1 volume acide carbonique ;

1 volume d'oxyde de carbone combiné au carbone = 2 volumes acide carbonique ;

2 volumes d'oxyde de carbone + 1 volume d'oxygène = 2 volumes acide carbonique ;

2 volumes hydrogène + 1 volume vapeur de soufre = 2 volumes hydrogène sulfuré ;

1 volume vapeur de soufre + 1 volume oxygène = 1 volume acide sulfureux ;

4 volumes oxygène + 1 volume hydrogène sulfuré = 2 volumes acide sulfureux.

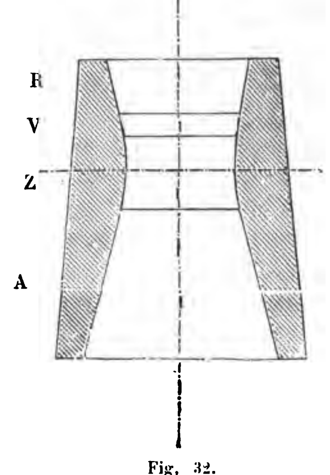


Fig. 32.

Telles sont les réactions qui se passent constamment dans le four à chaux, suivant la zone de combustion.

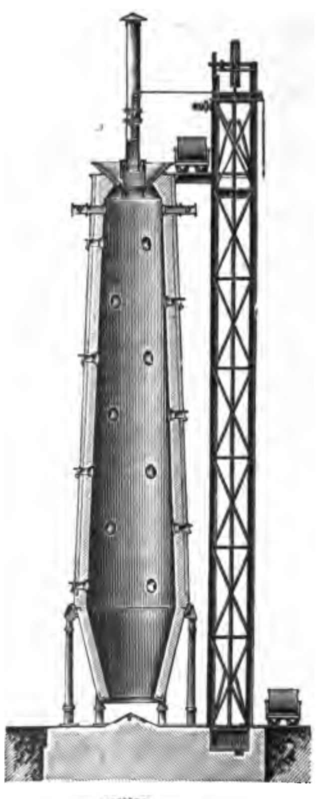
Décluy a entrepris une étude théorique complète du four à chaux qui l'a conduit à donner aux fours à chaux une forme rationnelle représentée fig. 32. Il considère 4 zones dans un four. La zone de refroidissement A, la zone de décomposition Z, la zone de chauffage V et la zone de réglage R.

Les règles qu'il donne pour la marche rationnelle du four à chaux sont les suivants :

1° L'allure rapide est la seule qui convienne pour obtenir un gaz riche en acide carbonique ;

2° Le coke doit être complètement brûlé avant que le chargement arrive dans la zone de refroidissement. On évite, en outre de la perte de combustible, la formation d'oxyde de carbone ;

3° La combustion doit être vive et énergique pour que la zone de décomposition ne soit pas trop élevée. Pour cette raison, le coke et la pierre doivent être en petits fragments.



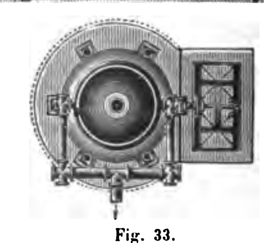


Fig. 33.

Four Khern. — Ce four dénommé four allemand ou four belge est très pratique. Il est de forme presque cylindrique, très élevé, 12 mètres au minimum et monté sur colonnes (fig. 33). Il est desservi par un ascenseur hydraudrique ou à vapeur.

Sa construction permet une utilisation très grande de la chaleur avec une dépense en combustible de 7 à 8 p. 100 de la pierre. La colonne de matières étant très élevée explique cette utilisation de la chaleur.

Pour mettre ce four en marche, on commence par disposer dans l'ouverture inférieure dans le sens vertical des pièces de bois épaisses de 0 m. 90 de longueur, puis on garnit l'intérieur de ce cercle avec du menu bois. Les pièces de bois sont maintenues au moyen d'un cercle en fer afin d'éviter leur écartement. Ces pièces laissent entre elles un vide d'un centimètre pour faciliter le tirage. On continue à charger de bois, jusqu'à la naissance de la partie conique. Les dimen-

sions des morceaux de bois doivent être inférieures à 30 centimètres. On dispose au-dessus un lit de coke de 5 centimètres, puis un mélange de 400 kilos de pierre à chaux et 64 kilos de coke. Au-dessus se place un autre mélange de 400 kilos de pierre et 56 kilos de coke, puis un autre mélange de 400 kilos de pierre et 48 kilos de coke. On continue aussi avec des mélanges successifs de 400 kilos de pierre avec 40, 36, 32 kilos de coke. On se trouve alors à la hauteur de la troisième rangée de regards. A ce moment les charges ne se font plus qu'avec 30 kilos de coke depuis la ligne située entre les 3e et 4e lunettes jusqu'en haut.

Lorsque le chargement est achevé, on met le feu à la partie inférieure sans l'aide de la machine à gaz. Après la quatrième heure d'allumage, le bois est presque entièrement brûlé. On met la machine lentement en marche, seulement après vingt-quatre heures et au fur et à mesure que le chargement descend, on fait de nouvelles charges.

La mise en route du four ne se fait qu'un ou deux jours avant le début de la fabrication et le défournement n'a lieu que toutes les heures.

Les conditions de marche sont les suivantes, froid en dessous jusqu'à la première lunette, presque obscur à la première lunette, rouge à la seconde, blanc à la troisième, rouge à la quatrième, presque obscur à la cinquième. Le tuyau de sortie du gaz doit pouvoir presque supporter le toucher de la main. Dans le cas où la température s'élève trop, il faut défourner un peu plus, ralentir la machine et charger avec des morceaux de pierre plus petits. Si les pierres sont petites, le tirage est moins fort. Si maintenant la température descend, on accélère la marche de la pompe à gaz. Ces conditions sont indispensables pour la bonne marche du four Khern.

Pour un travail de 400 tonnes de betteraves par jour, il faut un four de 25 m^3 ; pour 600 tonnes 35 à 40 m^3.

Les règles que nous avons données s'appliquent au four français ordinaire ; mais depuis quelques années, en Autriche et en Allemagne, on a introduit un four dont le fonctionnement est un peu différent. C'est le four Neumann avec gazogène placé immédiatement contre le four. Les gaz provenant du gazogène sont distribués dans le four par plusieurs canaux,

et le volume d'air nécessaire à leur formation est réglé par un disque mobile placé sur la porte du cendrier et sous la grille. Le cendrier contient de l'eau qui contribue par son évaporation à la formation du gaz d'eau (CO,H et carbures d'hydrogène). La surveillance se fait au moyen de regards.

Les gaz arrivant dans le four doivent être presque visibles sinon la combustion serait prématurée dans le gazogène. Le changement et le défournement se font toutes les quatre heures et une heure après, on charge le gazogène dont la pression est celle de l'extérieur. Le gaz carbonique a pour composition moyenne.

CO^2	30,40	dont 15,35 de la pierre
O	2,32	
CO	0,09	
H^2O	3,11	
Az.	64,08	
	100,00	

C. — Préparation de la chaux et du lait de chaux.

La chaux est défournée régulièrement et mise en tas, ou si sa production est juste en harmonie avec les besoins de la fabrication, elle est employée de suite.

Le mode de traitement de la chaux varie selon la manière de l'utiliser. Les usines qui emploient la chaux en poudre sont peu nombreuses en France et en Belgique, à cause des nombreux inconvénients qui résultent de la dispersion de la poussière. La chaux en poudre ne s'emploie guère que dans le procédé de la séparation pour la production du sucrate de chaux. On la pulvérise au moyen de moulins analogues aux moulins à blé et à phosphate, et on la tamise afin de retirer les morceaux plus denses et les incuits.

La chaux de bonne qualité doit être légère, poreuse, sonore et se dilater, c'est-à-dire tomber complètement en poussière par son extinction par l'eau. Sa composition est donnée par l'analyse suivante d'après Grouven.

Analyses de pierre à chaux.

Humidité	3.38
Alumine	8.80
Chaux	78.32
Magnésie	traces
Silice	6.13
Acide carbonique	1.80
Argile et sable	0.67
Potasse et soude	0.06
Acide sulfurique	0.57

Cette composition n'est naturellement pas fixe et ne peut être considérée que comme une indication.

Bien souvent, on rencontre parmi les morceaux de chaux des parties fondues. Ces morceaux proviennent du commencement du collage de la pierre. Par contre, d'autres morceaux sont lourds et plus blancs. Ce sont des incuits et ils ne se délitent pas par l'eau. Lorsque ces incuits sont en trop grande quantité, il faut forcer un peu la dose de combustible dans le four.

Le calcaire destiné à la préparation de la chaux en sucrerie doit avoir une composition se rapprochant de la suivante à l'état sec :

Carbonate de chaux	98	à	98,50
Silice et substances insolubles dans les acides.	0,30	à	0,70
Alumine et trace de fer	0,20	à	0,40
Sulfate de chaux	traces	à	0,20
Carbonate de magnésie	0	à	0,20

Lorsque la quantité de matières étrangères augmente, la chaux est de moins bonne qualité et la conduite du four devient de plus en plus difficile.

Il y a lieu de rappeler qu'une partie de silice ou d'alumine se combine avec 3 à 4 parties de chaux qui n'est pas utilisable pour la défécation. Ainsi un calcaire ayant :

Carbonate de chaux	95,60
Silice	2,20
Alumine et fer	0,70
Sulfate de chaux	0,50
Magnésie et divers	1,00
	100.000

au lieu de donner une chaux ayant théoriquement 92,2 de chaux caustique, donnera un produit beaucoup moins chargé en chaux caustique.

Les 2,9 de silice et d'alumine se combineront avec 10 ou 11 de chaux, de telle sorte que la chaux retirée du four ne contiendra que 75 à 80 de chaux soluble dans le sucre.

Il faudra donc augmenter la proportion de chaux pour obtenir le même résultat.

Mais une partie des silicates et des aluminates formés passeront dans les jus et augmenteront les incrustations.

Il est donc utile d'analyser également la chaux sortant du four, soit à l'état sec et pulvérulent, soit à l'état de lait.

On peut reconnaître très rapidement la qualité réelle d'un lait de chaux, en l'analysant à l'aide d'une solution sucrée dans les conditions connues et de déterminer en même temps le degré Baumé

Le degré Baumé indique sensiblement, dans un lait de chaux pur, la quantité de chaux caustique par 100 centimètres cubes de lait de chaux.

Un lait de chaux marquant 25 degrés Baumé doit donc renfermer 25 de chaux pour 100 centimètres cubes.

Si par le dosage de la chaux caustique on ne trouve que 20, il suffit d'établir la relation $\frac{20}{25}$ ou 80, ce qui donne la *pureté du lait de chaux.*

Avec de bons calcaires, on obtient des chaux ayant de 95 à 98 de pureté, suivant la quantité d'incuits ou de carbonate de chaux provenant de la recarbonatation de la chaux à l'air, qui se trouve avec la chaux.

Composition de la chaux de four à chaux de sucreries.

	Bonne qualité.	Mauvaise qualité.
Chaux totale	95 à 97	73 à 77
Silice	0,40 à 0,70	3 à 5
Fer et alumine	0,30 à 0,50	2 à 3
Magnésie, sulfate de chaux	0,30 à 0,40	2 à 5
Carbonate de chaux	0,50 à 1,00	4 à 12
Chaux soluble dans le sucre	90 à 95	50 à 75

Il est intéressant d'essayer la vitesse de solubilité de la chaux dans ce jus.

Pour cela, on prépare tout ce qu'il faut comme eau sucrée, on verse le lait de chaux à essayer et on complète à 200 cent. cubes. On agite un temps déterminé On filtre et on titre.

On trouvera que le titrage exécuté de suite après le mélange donne 5 de chaux solubilisée sur 20, obtenus en laissant le tout en contact et par agitation pendant dix à quinze minutes. Tandis que d'autres laits de chaux fourniront jusqu'à 12, 15 et 19 de chaux instantanément soluble sur 20 de total. Cela a un certain intérêt au point de vue de la conduite de la carbonatation.

Préparation du lait de chaux. — Il est préférable d'employer immédiatement la chaux à la sortie du four. On évite ainsi une carbonatation partielle. Dans ce but, on décharge les wagonnets ou les brouettes dans des malaxeurs horizontaux munis de palettes à charnières très solides, qui râclent le fond constamment et aussitôt que la dose est placée, on ouvre un robinet d'eau froide qu'on laisse couler en quantité suffisante pour humecter la pierre. On arrête l'eau et on abandonne la masse, qui ne tarde pas à s'échauffer, à gonfler et à tomber en poussière tout en répandant de grandes quantités de vapeur d'eau. Lorsque le dégagement de vapeur à disparu, on ajoute encore un peu d'eau, on met le malaxeur en marche et on fait couler maintenant le petit jus provenant du lavage des écumes. La densité de ce petit jus est variable, ordinairement 100,6 à 101,0. Si sa quantité est insuffisante on règle le lait de chaux par une addition de jus. Le degré Baumé auquel on s'arrête généralement est 23 à 25 degrés. En aucun cas, il ne faut éteindre la chaux avec du jus ou du petit jus, parce que le sucre est attaqué. Il est facile de reconnaître la fraude, en laissant déposer le lait de chaux dans une éprouvette. Le liquide surnageant est rouge plus ou moins foncé au lieu d'avoir une couleur jaune paille semblable à celle du jus de IIe carbonatation.

La densité régulière du lait de chaux est une condition indispensable d'un bon travail et on doit y tenir la main énergiquement. On doit non seulement déterminer souvent son degré, mais aussi doser de temps en temps la chaux alcaline, soit dans le lait de chaux lorsqu'on emploie celui-ci, soit dans la chaux en poudre.

Pour cela on broie dans une capsule ou un mortier 2 gr. de chaux, ou 10 cent. cubes de lait de chaux avec 40 à 50 gr. de sucre, jusqu'à ce que la solution paraisse complète, on recueille dans un ballon de 200 cent. cubes, on complète, on filtre et on titre avec une liqueur acide sur 10 cent. cubes. On ramène à 100 grammes de chaux vive ou à 1 hectolitre de lait de chaux, la quantité de chaux vive trouvée (1).

On peut encore opérer directement sur la matière et titrer avec une solution acide titrée. Dans ce cas la solution acide contient 175 grammes SO^4H^2 par litre et en opérant sur 10 cent. cubes de lait de chaux, chaque centimètre cube d'acide employé correspond à 1 kilogramme de chaux par hectolitre.

La première méthode permet de doser facilement les incuits qui ne sont pas solubles dans l'eau sucrée. Il suffit de recueillir la partie insoluble sur un filtre taré et de peser après lavage et dessiccation.

Les deux tables suivantes donnent :

Celle de Blattner, la teneur du lait de chaux, en chaux par litre suivant le degré Baumé, en supposant le lait de chaux fait avec de l'eau pure et la seconde, celle Peligot donne la solubilité du sucre dans le lait de chaux.

Table de Blattner donnant à 15 C la teneur du lait de chaux en CaO.

Degré Baumé	Poids d'un litre de lait de chaux	Ca O en gr. par litre de lait de chaux	Ca O 0/0 gr. de lait de chaux	Degré Baumé	Poids d'un litre de lait de chaux	Ca O en gr. par litre de lait de chaux	Ca O 0/0 gr. de lait de chaux
1	1007	7.5	0.745	16	1125	159	14.13
2	1014	16.5	1.64	17	1134	170	15.00
3	1022	26	2.64	18	1142	181	15.85
4	1029	36	3.50	19	1152	193	16.75
5	1037	46	4.43	20	1162	206	17.72
6	1045	56	5 36	21	1171	218	18.61
7	1052	65	6.18	22	1180	229	19.40
8	1060	75	7.08	23	1190	242	20.34
9	1067	84	7.87	24	1200	255	21.25
10	1075	94	8.74	25	1210	268	22.15
11	1083	104	9.60	26	1220	281	23.03
12	1091	115	10.54	27	1231	295	23 96
13	1100	126	11.45	28	1241	309	24.90
14	1108	137	12.35	29	1252	324	25.85
15	1116	148	13.26	30	1263	339	25.87
							26.84

(1) En opérant avec une liqueur acide dont 10 cc. = 0 gr. 1 de chaux, le nombre de centimètres cubes, lu sur la burette × 2 = la teneur en chaux p. 100 centimètres cubes de lait de chaux (pour la chaux il faut multiplier par 10.)

Solubilité de la chaux dans les solutions sucrées (Péligot).

Sucre dissous dans 100 parties d'eau	Densité de la solution	Densité de la solution saturée de chaux	Le sucrate de chaux dissous renferme dans 100 parties	
			chaux	sucre
—	—	—	—	—
40.0	1.122	1.179	21.0	79.0
40.5	1.116	1.175	20.8	79.2
37.0	1.110	1.166	20.5	79.5
35.5	1.103	1.159	20.3	79.7
32.0	1.096	1.148	20.1	79.9
30.5	1.089	1.139	19.9	80.1
27.0	1.082	1.128	19.8	80.2
25.5	1.075	1.116	19.3	80.7
20.0	1.068	1.104	18.8	81.2
17.5	1.060	1.092	18.7	81.3
15.0	1.052	1.080	18.5	81.5
12.5	1.044	1.067	18.3	81.7
10.0	1.036	1.053	18.1	81.9
7.5	1.027	1.040	16.9	83.1
5.0	1.018	1.026	15.3	84.7
2.5	1.009	1.014	13.8	86.2

Solubilité de la chaux dans l'eau d'après Herzfeld.

Température.	1 partie de chaux exige pour se dissoudre parties d'eau.	Température.	1 partie de chaux exige pour se dissoudre parties d'eau.
15	776	50	1044
20	813	55	1108
25	848	60	1158
30	885	65	1244
35	924	70	1330
40	962	75	1410
45	1004	80	1482

D'après des essais récents de Weisberg, la solubilité de la chaux dans les liquides sucrés serait plus grande que les nombres donnés par la table de Péligot et la quantité de chaux entrant en dissolution serait d'autant plus grande pour 100 gr. de sucre en dissolution que le liquide est plus pauvre en sucre.

Le meilleur mode de transport de la chaux est la pompe à piston plongeur dont la marche est continue, et sans aucun arrêt afin d'éviter les dépôts de la chaux dans la conduite. Le tuyau de

refoulement du lait de chaux porte des robinets qui sont placés au-dessus des jaugeurs des chaudières de carbonatation et cette conduite se continue au-delà pour retourner dans le bac d'aspiration de la pompe à lait de chaux. S'il devient nécessaire d'arrêter la pompe, il est prudent de vider de suite la conduite pour éviter les engorgements.

Quelques usines emploient des monte-jus, mais ce système est à rejeter à cause de l'inconvénient des dépôts et de la dépense de vapeur.

D. — Controle du four a chaux.

Le travail du four à chaux doit être soumis à un contrôle constant qui consiste à analyser le gaz au point de vue de sa richesse en acide carbonique, oxygène, acide sulfureux, hydrogène sulfuré.

On doit d'abord amener le gaz du four à chaux jusqu'au laboratoire. La conduite est tenue constamment ouverte avec échappement au dehors. Quand on veut analyser le gaz, on ferme le robinet de la conduite de purge continue et on ouvre le robinet spécial amenant le gaz près de l'endroit où doit s'exécuter l'analyse.

On laisse également passer le gaz quelques instants dans la conduite allant du robinet au poste d'analyse.

Il existe plusieurs appareils pour l'analyse du gaz du four à chaux.

Le plus simple est le tube dit de Stammer.

Cet appareil se compose d'un tube en verre divisé en 50 cm^3 de bas en haut. Il est ouvert à la partie inférieure, librement et sa partie supérieure se termine par un robinet. On opère comme suit avec ce tube. On le remplit d'abord d'eau, le robinet étant fermé, puis on le retourne sur la cuve à eau. On adapte ensuite, à la partie effilée du robinet, un tube de caoutchouc qui est en communication avec la conduite de refoulement du gaz carbonique. On ouvre le robinet, le gaz refoule l'eau et prend sa place. Lorsqu'on juge que le courant gazeux a suffisamment passé, on l'interrompt et on affleure le ménisque inférieur avec le niveau de l'eau dans la cuve à eau ou le cristallisoir en verre et avec le zéro de la graduation. Cet affleurement s'obtient facilement en ouvrant un peu le robinet

supérieur pour faire échapper du gaz, mais non pour laisser entrer de l'air. A ce moment, le doigt protégé par un caoutchouc, on fait arriver une pastille de soude caustique enfermée dans un morceau de papier, on referme le tube et l'on agite. On reporte sur la cuve, on laisse rentrer l'eau, on agite de nouveau jusqu'à ce que le liquide ne monte plus dans le tube. On affleure avec le niveau de la cuve et on lit directement, sur la graduation, la richesse du gaz en acide carbonique. Généralement le tube est gradué en 100 divisions.

Pour la pratique, il est bon d'avoir une graduation de 0 à 100 allant du robinet à l'autre extrémité du tube et une de 100 à 0 partant également du robinet supérieur.

De cette façon, quel que soit l'usage auquel on emploie le tube, on peut lire le volume absorbé ou restant.

On a également utilisé l'appareil Possoz, dont voici la description.

L'appareil Possoz sert au dosage successif de tous les gaz qui composent le gaz du four à chaux. Il se compose d'une éprouvette fermée à la partie supérieure par un caoutchouc et une pince, et communiquant par la partie inférieure avec un récipient en métal par un tube de caoutchouc, muni d'une pince. Pour opérer, on remplit le récipient d'eau, on ouvre les pinces, et en inclinant l'éprouvette graduée, on fait arriver l'eau jusqu'à ce qu'elle sorte par le tube supérieur. On emplit ensuite l'appareil de gaz au moyen d'un tube de caoutchouc qu'on adapte au tube supérieur, on refoule l'eau jusqu'au zéro.

Le récipient est ensuite rempli de lessive de soude et, en inclinant l'éprouvette, celle-ci rentre. On agite, le liquide monte dans l'éprouvette et, lorsque le niveau reste fixe, on place les deux liquides sur un même plan horizontal et on effectue la lecture. On répète la même manœuvre, et après avoir chaque fois soigneusement lavé l'appareil en remplaçant la soude, par l'acide pyrogallique et la soude pour le dosage de l'oxygène ; par le chlorure cuivreux acidulé par l'acide chlorhydrique pour le dosage de l'oxyde de carbone et par le permanganate de potasse pour l'acide sulfureux.

Mais le dosage des composants du gaz du four à chaux au moyen de ces appareils est pénible et fastidieux, et il est préférable de se servir de l'appareil Orsat.

Appareil Orsat. — G est un flacon renfermant de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique, qui lui enlève la propriété de dissoudre l'acide carbonique. Il communique au moyen d'un tube en caoutchouc L, avec la partie inférieure du mesureur M, qui est lui-même renfermé dans un manchon de verre rempli d'eau, pour maintenir la température constante. L'extrémité supérieure du mesureur est reliée à un tube horizontal TT' en verre, portant un robinet R, ainsi que trois tubulures verticales munies de robinets *i*, *j*, *k*. Ces tubulures sont reliées par des tubes de caoutchouc aux extrémités supérieures des pièces de verre A, B, C, nommées *laboratoires*, tandis que leurs prolongements inférieurs plongent dans les liquides que contiennent les flacons D, E, F. Tous les joints des diverses parties de l'appareil sont rendus hermétiques au moyen de ligatures en fil d'archal : les ouvertures *d*, *e*, *f* des flacons sont fermées par des bouchons de caoutchouc.

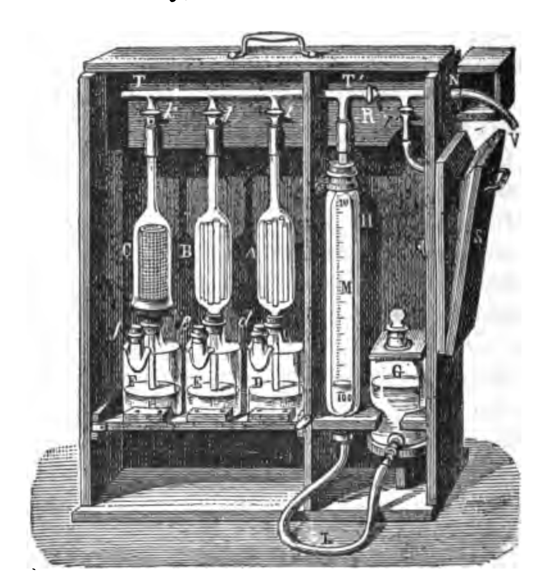


Fig. 34.

L'appareil est mis en communication avec l'espace contenant les gaz à analyser par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc V, qui se fixe à l'extrémité du tube de verre. Enfin, un soufflet S, disposé sur la paroi de la boîte et communiquant avec le tube de verre par le robinet *r*, permet d'extraire l'air de la conduite.

Les liquides renfermés dans les flacons D, E, F, sont intro-

duits par les tubulures *d*, *e*, *f*. Il est inutile de dire que ces réactifs doivent être appropriés à la nature des gaz que l'on veut doser.

Les laboratoires A et B renferment un grand nombre de tubes de verre mouillés par les dissolutions, afin de multiplier l'étendue des surfaces de contact des réactifs et des gaz, et de hâter autant que possible l'absorption de ces derniers.

Le laboratoire C contient un rouleau de toile de cuivre rouge qui, en se dissolvant dans le chlorhydrate d'ammoniaque, donne lieu à la production du protochlorure de cuivre et à la régénération de ce réactif. Le pyrogallate de potasse et le chlorure de cuivre ammoniacal absorbant l'oxygène, il ne faut pas laisser ces produits en contact avec l'air qui remplit les flacons E, F. Dans ce but, on recouvre les liquides d'une couche de 1 centimètre environ d'épaisseur d'huile de pétrole. Mais il faut éviter, dans les manipulations, d'en faire passer dans les cloches à absorption.

Voici maintenant comment on procède à une analyse. Le robinet R étant ouvert de façon à mettre l'appareil en communication avec l'atmosphère, on élève l'aspirateur G. L'eau acidulée vient remplir le mesureur en chassant l'air qui s'y trouve. On ferme alors les robinets R, *i*, et *j*, on ouvre le robinet *k*, et l'on enlève le bouchon *f*. En abaissant le flacon G, on produit une aspiration de l'air contenu dans le laboratoire C, qui se remplit du liquide contenu dans le flacon F. On amène le niveau du liquide jusqu'au trait de repère gravé sur le tube étroit qui surmonte le laboratoire, puis on ferme le robinet *k*. On ouvre ensuite le robinet R et, en élevant l'aspirateur, on emplit de nouveau le mesureur : puis, refermant le robinet R, on ouvre *j*, on retire *e*, et l'on aspire dans le laboratoire B le liquide du flacon E. En répétant une troisième fois les mêmes manœuvres, on fait passer le liquide du flacon D dans le laboratoire A.

On ouvre de nouveau le robinet R. puis on enlève l'aspirateur de manière à remplir le mesureur jusqu'au trait supérieur marquant l'origine de la graduation ; on referme le robinet R, puis on établit, par la tubulure N, comme l'indique le dessin. la communication de l'appareil avec l'espace contenant le gaz à analyser. On ouvre le robinet *r* et, faisant fonctionner le

soufflet, on aspire dans le tube V, que l'on purge ainsi de l'air ou des gaz provenant d'une opération précédente. Après quelques instants, on est certain que la conduite V est entièrement remplie par les gaz à analyser; on ferme alors le robinet *r* et l'on ouvre R, de manière à faire communiquer les tubes T et V et à isoler le soufflet. L'eau s'écoule dans l'aspirateur pendant que le tube mesureur se remplit de gaz, et lorsqu'elle est revenue au même niveau de part et d'autre, on ferme le robinet R pour séparer l'appareil de la conduite et du soufflet, puis on s'assure que le volume du gaz sur lequel va porter l'analyse occupe bien 100 parties du tube M.

On ouvre le robinet *i* et on élève le flacon G ; l'eau chasse le gaz dans le laboratoire A, qui renferme une lessive de soude. Le faisceau de tubes de verre multipliant les points de contact, l'acide carbonique est absorbé; on abaisse l'aspirateur, le gaz revient dans le mesureur, et le laboratoire A se remplit de lessive : on ramène celle-ci jusqu'au trait de repère, puis on ferme le robinet *i*. On place le flacon G de manière que l'eau y soit au même niveau que dans le mesureur, afin que le gaz se trouve à la pression atmosphérique ; on lit alors le volume occupé, et la différence entre la lecture faite avant l'absorption et celle que l'on a faite après, donne le volume du gaz carbonique qui a été retenu par la soude.

On ouvre le robinet *j*, et, en opérant de la même manière dans le laboratoire B, qui renferme une dissolution de pyrogallate de potasse, on trouve le volume de l'oxygène absorbé.

Enfin, on répète les mêmes manipulations dans le laboratoire C. S'il reste, après ces trois absorptions, du gaz non dissous, son volume représente l'azote qui ne pouvait être retenu par aucun des réactifs précédents.

Pour que les absorptions soient complètes, il est indispensable de laver plusieurs fois le gaz dans chaque laboratoire. On ne passe d'un dosage à l'autre que si deux lectures consécutives sont identiques.

La lessive de soude qui doit être employée dans l'appareil pèse 36° Bé. Il faut remplacer le liquide du flacon D quand la réaction devient trop lente, c'est-à-dire lorsque la plus grande partie de l'alcali a été transformé en carbonate.

La dissolution de potasse est à la même concentration que

celle de soude. Il convient de n'ajouter l'acide pyrogallique qu'au moment de l'expérience, en proportionnant la quantité au volume d'oxygène à absorber.

Le protochlorure de cuivre ammoniacal est obtenu par la dissolution de la toile de cuivre dans une dissolution de sel ammoniaque dans l'ammoniaque.

Le protochlorure de cuivre jouit de la propriété d'absorber également l'oxygène. Pour que la dernière réaction indiquée représente l'oxyde de carbone, il est donc nécessaire qu'il ne reste pas d'oxygène non absorbé par le pyrogallate de potasse.

On recommande de substituer la liqueur de chlorure cuivreux acide, au lieu de la solution dans l'ammoniaque pour l'absorption de l'oxyde de carbone.

Voici quelques remarques à propos de la manipulation de l'appareil Orsat.

1° Pour mieux voir les divisions, colorer l'eau du tube M (et réservoir G), en bleu ou rouge.

2° Rendre cette eau légèrement acide dans le cas où un peu des réactifs D et E aurait été absorbé pendant les manipulations.

3° On peut supprimer le robinet *r*, en mettant directement la tubulure N en communication avec le tube amenant le gaz et en ouvrant T' le gaz chasse l'eau qui est refoulée en G. On laisse le gaz traverser l'eau pendant quelques instants et on est certain d'avoir un échantillon exact du gaz.

On met au point 100 en ouvrant le robinet R et le liquide au niveau dans le tube et le flacon.

4° On doit s'assurer que lors des manipulations consistant à faire passer successivement le gaz d'une des cloches A, B, C dans le tube M, il n'y a aucune perte.

Pour cela on opère un essai avec de l'air pour la cloche C. Le volume ne doit pas changer.

Pour la cloche B, l'absorption doit être de 20 à 21 0/0. Pour la cloche C, comme le chlorure cuivreux absorbe aussi l'oxygène, on peut opérer jusqu'à volume constant si possible. Ou mieux, on fait un essai avec du gaz carbonique et après absorption de l'acide carbonique et de l'oxygène, on essaie avec la cloche C. S'il y a de l'oxyde de carbone, on trouve 1, 2 ou

4 p. 100 de ce gaz, mais alors le volume doit rester fixe à un moment donné.

5° Les tubulures pénétrant dans les flacons D, E, F, doivent être larges et on doit s'assurer aussi que le gaz n'est pas entraîné lorsque le liquide descend de B en E ou de A en D.

Cela arrive lorsque lesc loches sont trop petites, les tubulures trop étroites. Et on a parfois 4, 5, 6 d'oxygène dosé à tort, avec 34-35 p. 100 d'acide carbonique, ce qui est impossible.

6° On doit opérer dans un endroit où la température est peu variable pendant l'essai.

7° On doit toujours s'assurer que deux lectures faites après deux ou trois transvasements de gaz, d'une cloche dans le tube M ne changent plus, sans cela si tout le gaz carbonique n'est pas absorbé, on le compte ensuite comme oxygène. De même pour l'oxygène, celui non absorbé est compté comme oxyde de carbone

8° Pour l'oxygène surtout, il faut aller lentement et opérer au moins sept, huit ou dix transvasements de B en M.

On peut du reste s'assurer de la faible vitesse d'absorption du mélange de potasse et d'acide pyrogallique par un essai avec de l'air.

Les premières quantités sont rapidement absorbées mais vers la fin, l'absorption n'est plus aussi rapide.

9° On peut trouver de l'oxygène en présence de l'oxyde de carbone et d'hydrogène sulfuré. Cela a lieu lorsque l'air peut s'introduire avec le gaz dans un endroit quelconque du parcours, mais à une température insuffisante pour brûler l'oxyde de carbone et l'hydrogène sulfuré. En tout cas lorsqu'on obtient de semblables résultats on recommence les dosages et alors on cherche l'endroit par où se fait la rentrée d'air.

Si on veut doser l'hydrogène sulfuré ou l'acide sulfureux il faut employer des méthodes spéciales que nous n'avons pas, à décrire ici. Le lecteur que cela intéressera trouvera dans les traités spéciaux la marche à suivre pour obtenir des résultats précis.

2. — La Carbonatation

La carbonatation comprend les trois opérations suivantes :

A. La défécation par le lait de chaux ou chaulage par la chaux sèche.

B. La première carbonatation.

C. La seconde carbonatation.

Quelques usines traitent en outre les jus par la baryte. Nous ferons de ce traitement l'objet du chapitre D. *Traitement des jus par la baryte.*

A. — Défécation et chaulage des jus.

La défécation des jus a lieu dans les chaudières mêmes où la carbonatation se fait, lorsqu'il s'agit du travail par le lait de chaux. Mais ce mode de travail tend à disparaître remplacé tous les jours par le traitement des jus par la chaux sèche. Ce procédé produit une économie de combustible résultant de la suppression de l'eau pour l'extinction et du petit jus pour la dilution de la chaux.

On emploie à cet effet les chauleurs dont le type primitif a été construit par Kœnig.

La chaux en morceaux, telle qu'elle sort du four, est disposée dans un panier cylindrique en tôle perforée et à forme annulaire. Ce panier tourne dans une cuve cylindro-conique en tôle. En même temps, l'arbre porte des palettes afin de mélanger parfaitement le jus chaulé. Le jus, après le chargement du panier, est envoyé dans le chauleur, il pénètre par la partie inférieure du panier, dissout la chaux que le mouvement de rotation facilite, et en quelques minutes l'opération est terminée. Afin d'éviter l'altération du sucre, on emploie le jus réchauffé à la température de la batterie, à 75 à 80°. Le chaulage demande ainsi environ un quart d'heure à 20 minutes, depuis le moment où la chaux s'éteint. Après la vidange du chauleur, le panier en tôle contient les incuits qu'on retire avec une pelle et qu'on pèse. Il est ainsi très facile de se rendre compte de la quantité exacte de chaux employée, car on connaît le volume du jus. Généralement on met 2,5 0/0 de chaux réelle par hectolitre de jus.

Les usines qui emploient le lait de chaux placent au-dessus de la chaudière de carbonatation un mesureur muni d'un flotteur et d'une échelle graduée en hectolitre. Le lait de chaux est reçu dans ce petit bac et on le vide de suite dans la chaudière pendant son emplissage, afin que le mélange s'opère plus intimement. Quelques mesureurs sont munis d'un agitateur afin d'éviter le dépôt de la chaux.

Mais il est préférable de se servir de la balance automatique Cerny-Stolc représentée figure 35, qui déverse toujours la même quantité de chaux sous forme de lait sans égard à la densité de celui-ci. La balance ne se met en équilibre que lorsque le volume du lait de chaux qui forme sa charge contient exactement la quantité demandée de chaux. Par conséquent, on est assuré de la régularité du chaulage des jus.

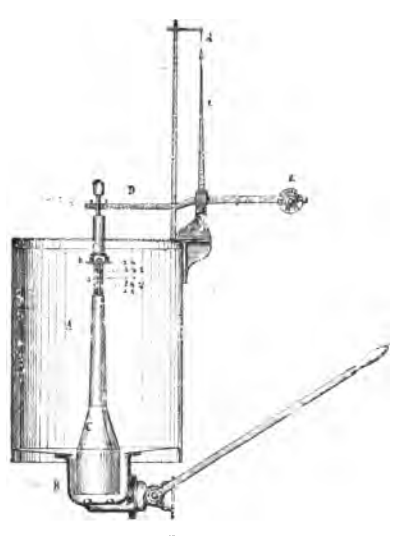


Fig. 35.

La balance Cerny (fig. 35) se compose d'un bac A, d'un levier D E muni d'un plongeur C, la tige *a* est graduée suivant la quantité de chaux à introduire dans les jus.

La chauleur Kœnig est vidé au moyen d'une pompe qui refoule le jus chaulé dans un bac en charge au-dessus des chaudières de carbonatation. Ce bac doit, de préférence, avoir la contenance d'une chaudière, ou au moins la moitié de cette contenance. L'usine a aussi plus de volant et la diffusion peut continuer à travailler un certain temps pendant un arrêt court. Le refoulement du jus chaulé se fait par une pompe à jus.

On emploie habituellement quatre chauleurs de préférence, mais trois peuvent suffire. Le quatrième sert de bac d'attente. Un chauleur est en chargement pendant que l'autre achève la défécation et que le troisième se vide.

Lorsque l'installation comporte quatre chauleurs, on en laisse deux faire la défécation. Le contact avec la chaux est un peu plus long, ce qui est préférable pour l'épuration.

Il n'est pas nécessaire que le bac d'attente de la carbonatation soit muni d'un agitateur ; cependant cette précaution est bonne et on place cet agitateur seulement au fond du bac pour éviter simplement les dépôts de chaux.

Il est essentiel de s'assurer du chaulage réel du jus. On prélève souvent un échantillon et on fait un dosage alcalimétrique rapide sur 10 cent. cubes de jus avec une liqueur sulfurique contenant 17 gr. 5 d'acide sulfurique H^2SO^4 par litre. Le nombre de cent. cubes employés divisé par 10 indique la quantité de chaux par hectolitre Si pour 10 cent. cubes de jus chaulé, on a employé 28 c.c. 7 de liqueur sulfurique, le jus contient 2 kil. 87 de chaux réelle par hectolitre.

Pour l'essai des jus chaulés, on opère généralement sur le jus tel que. En se servant de la phénolphtaléine comme témoin, et en arrêtant le titrage à la décoloration de ce réactif, on a l'alcalinité réelle, car les carbonates en suspension sont peu attaqués ; mais pour une plus grande exactitude il est préférable de faire de temps à autre un essai sur le jus chaulé mis en contact avec du sucre. On opère absolument comme pour le ait de chaux, mais en prenant 100 cent. cubes de jus, plus 25 grammes de sucre en solution dans 50 cent. cubes environ ; le tout est mis dans un ballon de 200 cent. cubes ; agiter, compléter le volume de 200 cent. cubes, filtrer et titrer sur 20 cent. cubes de liquide avec la liqueur dont 10 cent. cubes = 0,1 de chaux. Le nombre de cent. cubes d'acide employé indique la teneur en chaux par litre de jus chaulé.

On ne doit jamais opérer l'essai sur le jus chaulé filtré. En effet, le jus et les solutions sucrées dissolvent d'autant moins de chaux que la température est plus élevée. A la température ordinaire (15°) le jus a 10-12 p. 100 de sucre peut tenir en dissolution 15 à 20 p. 100 de son poids de chaux alcaline, alors qu'à l'ébullition la quantité de chaux soluble n'est que de 0,1 à 2 p. 100 du poids du sucre.

La question du chaulage par la chaux sèche est très importante et très délicate, car il ne faut pas qu'au contact de la chaux, le jus 'échauffe jusqu'au point de provoquer la dé-

décomposition du sucre. C'est pour cette raison que la tempé ture de 80° indiquée plus haut ne doit pas être dépassée. Dans le but d'obtenir ce résultat, la construction des chauleurs laisse souvent à désirer, car pendant la rotation, le jus et la chaux suivent une direction parallèle. Quelques-uns sont munis d'un cylindre placé dans l'axe du chauleur et sur l'axe est calé un aspirateur à ailettes qui vient déverser le jus sur le panier. Dans d'autres dispositifs le panier reste fixe et le jus tourne. Les résultats sont alors très bons.

Dans le chauleur étudié par Naudet, le jus est animé d'un mouvement de rotation de 60 tours à la minute, tandis que le panier ne fait que 10 tours.

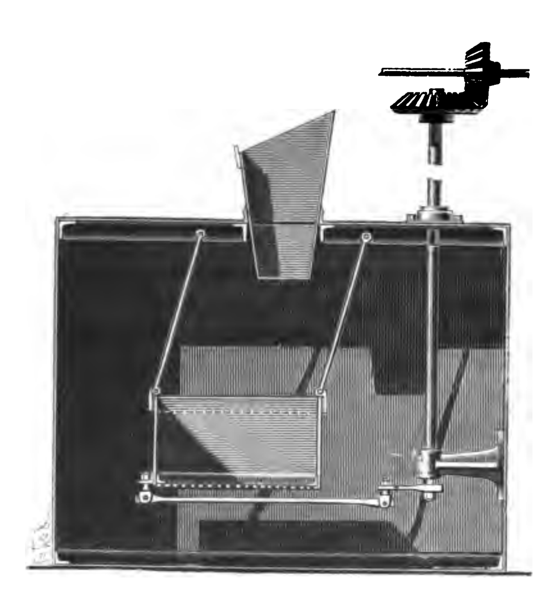


Fig. 37.

Chauleur Dufay. — Dans le but d'éviter les inconvénients du contact prolongé de la chaux avec le jus, Dufay a imaginé le chauleur ci-contre (fig. 37). Cet appareil se compose d'une caisse remplie de jus dans laquelle se meut avec un mouvement de va et vient, une boîte contenant la dose de chaux nécessaire au chaulage des jus.

B. — Première carbonatation

La carbonatation se fait dans des chaudières de forme généralement carrée ou ronde, mais qui tendent à être remplacées actuellement par des chaudières rondes, de hauteur plus

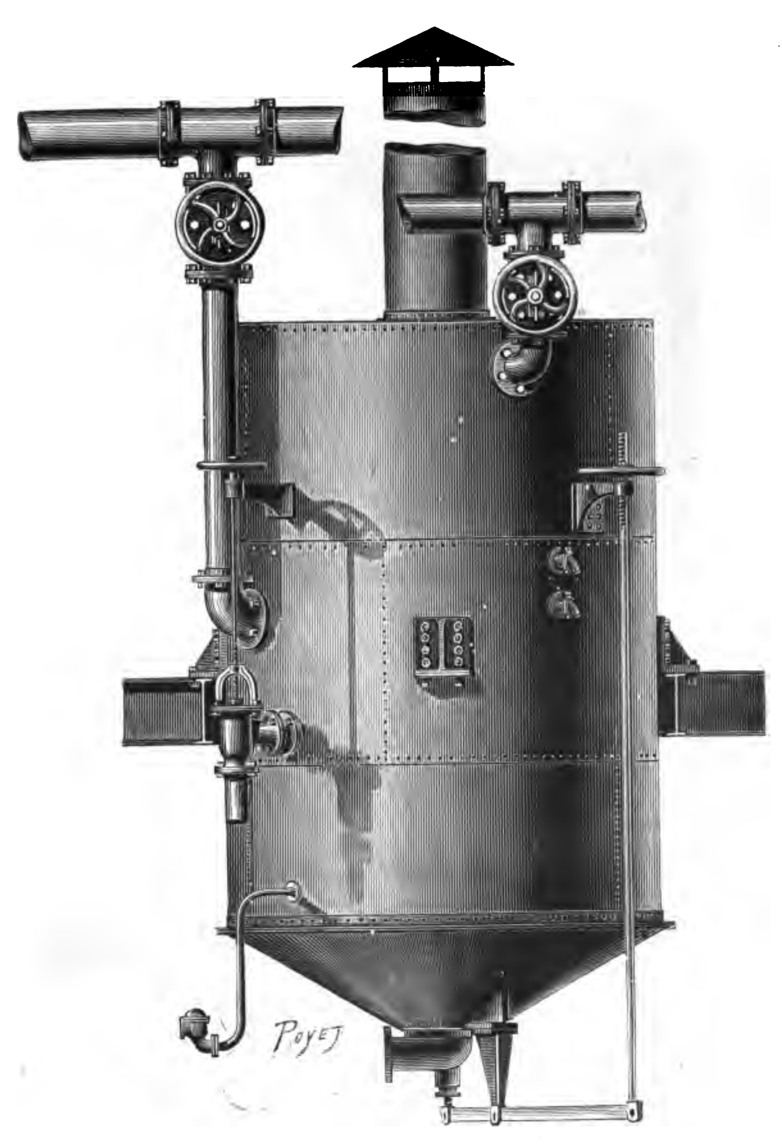


Fig. 38.

grande, afin d'utiliser plus complètement le gaz carbonique.

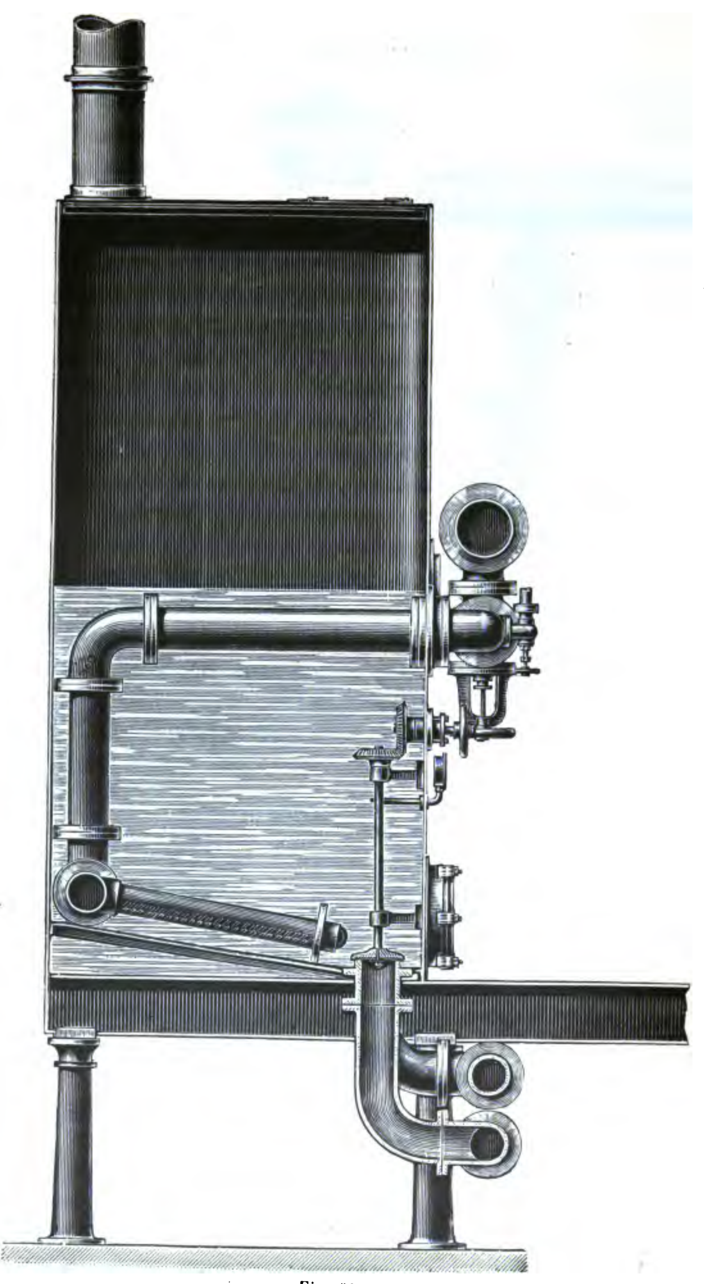


Fig. 39.

Les anciennes chaudières, généralement au nombre de 4 ou 5, comportaient le dispositif suivant :

Un grand bac carré d'une contenance d'environ, 80 à 90 hectolitres pour un travail de 250 tonnes par jour, a le fond en forme d'entonnoir. Un tampon de bois ferme l'orifice de la vidange. Sur le devant de la chaudière un robinet sert de jauge, et donne au volume de jus introduit dans la chaudière une uniformité relative. Ce volume est d'environ 50 hectolitres. La chaudière est en outre munie d'un serpentin de chauffage en cuivre de 10^{m2} environ, d'un tuyau d'arrivée du jus plongeant jusqu'au fond de la chaudière, du distributeur d'acide carbonique et de sa soupape. Ce distributeur se compose d'une pièce en fonte creuse dans laquelle on emboîte 4 ou 6 tuyaux perforés qu'on nomme barboteurs et qui distribuent le gaz carbonique dans le jus sucré. Une soupape placée sur le front de la chaudière, commande la distribution de la vapeur.

Nous verrons plus loin que le chauffage peut être obtenu de différentes façons.

Enfin la chaudière est munie d'un couvercle plat ou d'une hotte avec cheminée.

A la surface du liquide sucré se trouve l'émousseur. L'émousseur à vapeur est un petit tube perforé qui dirige la vapeur dans la direction de la surface du liquide et qui aussi abat la mousse.

L'émousseur mécanique est préférable. C'est un arbre muni de palettes, actionné par une transmission. Les palettes viennent frapper la surface du liquide et font rapidement abattre les vésicules de gaz, qui constituent la mousse. Un thermomètre est en outre fixé dans le couvercle et plonge jusqu'au milieu du liquide.

Dans les nouvelles chaudières à carbonater, on donne au jus une plus grande hauteur et, en outre on supprime les serpentins lorsque l'usine a monté les réchauffeurs (fig. 38 et 39).

Les chaudières sont rondes et leur hauteur est égale à 3 fois 1/2 leur diamètre. Voici leurs dimensions pour 250 tonnes par jour. Diamètre 1 m. 50, hauteur de jus, 2 mètres, hauteur totale 5 mètres. Leur volume utile est donc de 35 hectolitres.

Ces chaudières sont hermétiquement closes et peuvent marcher en carbonatation continue, de la manière suivante :

Le jus arrive chaulé dans la chaudière à 70-75° et commence à se carbononater, puis passe dans la seconde chaudière par un trop plein qui déverse par un tuyau au fond de la 2e chaudière.

La soupape à gaz est largement ouverte dans la 1re chaudière et moins dans la seconde. La troisième chaudière sert à terminer l'opération. Par ce procédé, 3 chaudières de 30 hectolitres de capacité sont largement suffisantes pour un travail de 250 tonnes par 24 heures. A la sortie de la dernière chaudière le jus s'écoule par trop plein et se rend aux filtres-presses.

Naudet réalise ce système de travail en employant des chaudières de 5 mètres de hauteur, à fond conique muni d'une soupape de vidange lorsqu'on carbonate par le procédé ordinaire. Les tuyauteries de jus et de gaz se raccordent ensemble dans l'intérieur de la chaudière pour mélanger intimement ces deux fluides. La distribution du gaz est en forme de cône perforé.

Le niveau du jus est rendu constant dans chaque chaudière pour un trop plein par lequel le jus et le gaz se rendent dans la chaudière suivante. Lorsqu'on marche à simple effet la soupape placée sur le trop plein est fermée.

Voici comment on procède à la carbonatation, lorsque le jus commence à couler au robinet de jauge.

Un peu avant que le jus soit arrivé à ce point, et lorsqu'il a recouvert le serpentin de chauffage, on fait arriver le lait de chaux dans la chaudière, on ouvre légèrement la soupape à gaz, et on fait arriver quelques bouillons qui mélangent le jus au lait de chaux. Si l'on n'emploie que la chaux en morceaux, cette opération est inutile puisque le mélange de la chaux avec le jus s'est faite parfaitement dans les chauleurs. On chauffe donc le liquide peu à peu, afin de ne pas perdre de temps et de favoriser par la chaleur l'action de la chaux sur les impuretés du jus. La température du jus à atteindre est variable. Pour notre part nous chauffons vers 80°, d'autres vont jusqu'à 85-90 pour décomposer les matières azotées. A ce moment, le jus est très mousseux et on fait arriver l'acide carbonique, le

jus augmente encore de volume, puis au fur et à mesure que la chaux se carbonate, la mousse disparaît. Si l'émousseur est insuffisant pour obtenir ce résultat, on ajoute un peu de beurre de coco. Mais il ne faut pas abuser des matières grasses qui forment des savons avec la chaux et des dépôts gras.

A la fin, on commence à examiner la formation du dépôt dans la cuiller. Lorsque celui-ci se fait bien, nettement et rapidement, la chaudière est achevée. Mais pendant que le gaz agissait on a laissé monter la température qui doit atteindre 95 vers la fin. On arrête le gaz et on porte la température à 100° qu'on maintient pendant une minute. Enfin on arrête la vapeur, on retire le tampon en bois ou on ouvre la soupape de vidange et la chaudière s'écoule dans le bac d'attente des filtres-presses de première carbonatation.

Un moyen plus scientifique d'arrêter les chaudières de première carbonatation est de doser l'alcalinité du jus. On procède ainsi. Lorsque la chaudière est sur le point d'être achevée, on ferme la soupape à gaz, et au moyen d'une poche on prélève un échantillon de jus qu'on recueille lorsqu'il coule clair. On mesure 100 cent. cubes de ce jus, et au moyen d'une liqueur titrée d'acide sulfurique dont chaque cent. cube représente 0 gr. 1 de chaux par litre, on dose la chaux. On arrête généralement les chaudières lorsque l'alcalinité est de 1 gr. à 1 gr. 2 de chaux par litre. On peut encore se servir du tube Vivien, très commode et de la liqueur calcimétrique à la phtaléine dont 1 litre contient 0 gr. 875 $H^2 SO^4$. Ce procédé est répandu dans un grand nombre d'usines, aussi n'insisterons-nous pas sur son emploi.

Le gaz doit être arrêté aussitôt que le point de carbonatation est obtenu, car autrement, les matières précipitées se redissolvent et la coloration du jus devient plus foncée.

La durée de la carbonatation est de 20 à 45 minutes pour une chaudière, selon la richesse du gaz.

La carbonatation du jus est l'âme même de la fabrication du sucre, car c'est de l'épuration que dépendent les rendements. Aussi, doit-on apporter les plus grands soins à cette opération et vérifier chaque chaudière avant de la vider. Plusieurs accidents peuvent provenir, qui dépendent souvent de la nature des betteraves mises en œuvre. Le critérium de la carbonata-

tion est le passage des jus aux filtres-presses. Lorsque cette opération se fait mal, on y remédie, soit en ajoutant un peu plus de chaux, soit en augmentant la température pendant la carbonatation.

Nous traiterons plus loin du travail des filtres-presses.

Un appareil récent est employé depuis quelque temps pour l'utilisation rationnelle de la graisse à carbonater. C'est le pulvérisateur-injecteur de graisse à carbonater, système de

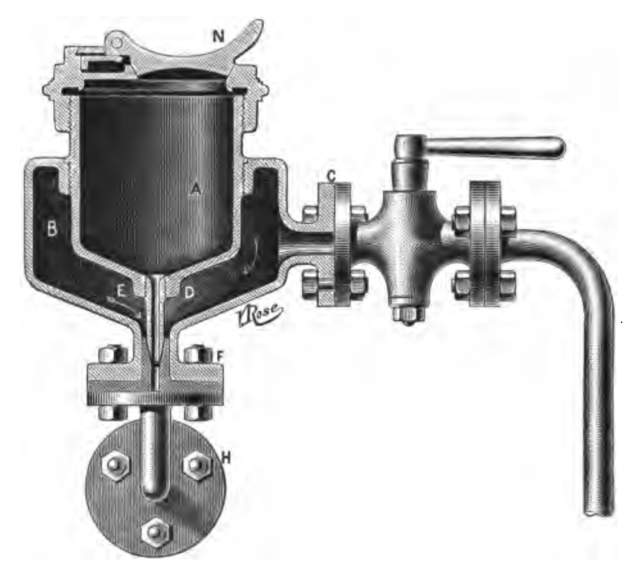


Fig. 40

Smet qui se compose d'un récipient cylindrique divisé en deux compartiments concentriques A et B. Le compartiment A, destiné à contenir la graisse à carbonater, se termine par un ajutage conique D réglable à volonté qui vient s'engager dans la tubulure F, faisant partie de l'enveloppe annulaire du compartiment B (fig. 40).

La tubulure F est raccordée au tuyau perforé G qui se trouve fixé au-dessus du niveau du jus, dans les bacs de carbonatation.

La matière grasse, ou beurre de coco, est introduite dans le

récipient A par le couvercle N. La vapeur arrivant par la tubulure C s'introduit dans le compartiment B, chauffe le réservoir A, fond le beurre de coco qu'il contient, et s'échappe par l'espace annulaire F en entraînant la graisse fondue qu'elle pulvérise, dans le tuyau perforé G H qui la déverse dans tous les sens à travers les mousses, qu'elle détruit instantanément.

La projection de vapeur saturée couvrant entièrement la surface du bac, aucune parcelle de graisse ne peut être projetée sans être utilisée complètement et la dépense du beurre de coco se trouve ainsi réduite au strict minimum.

Carbonatation continue. — Depuis quelques années, de nombreux inventeurs ont cherché à appliquer la carbonatation continue soit comme opération préliminaire à la 1re carbonatation, soit comme opération complète.

Considérée comme opération complète. la carbonatation continue sera toujours délicate et soumise aux risques de voir le point fixé, dépassé, tandis que si on la considère comme préparant le jus et si l'on sature dans cette opération les 3/4 de la chaux contenue dans le jus, on réalise alors une économie de temps et de matériel, et il ne reste plus qu'à achever la carbonatation au point ordinaire, dans les chaudières de Ire.

La carbonatation continue existe sous plusieurs formes. Dans les procédés Reboux et d'autres, le jus circule dans un tuyau incliné, à grande section (fig. 41). Ce tuyau est formé de 4 éléments en fonte disposés dans un même plan l'un au-dessus de l'autre. A chaque extrémité se trouve un regard pour le nettoyage et sur les deux portes inférieures passent les distributeurs de gaz carbonique. La carbonatation se fait alors de la manière suivante : Le jus arrivant à 80° est additionné de la quantité de chaux nécessaire sous forme de lait de chaux, dans un bac malaxeur, puis une pompe prend ce jus et l'envoie à la partie inférieure du carbonateur continu. En même temps on souffle le gaz. A la partie supérieure le jus s'écoule dans une rigole où l'on fait le titrage. C'est au moyen de ce titrage qu'on règle plus ou moins l'admission du gaz. De la rigole, le jus se rend dans les chaudières de carbonatation où l'on achève

l'opération. La carbonatation continue présente l'avantage d'une utilisation plus complète du gaz carbonique.

Un autre système de carbonateur continu est appliqué par Camuset, Lamboi et Sée, il consiste à pulvériser le jus chaulé dans une enveloppe dans laquelle arrive continuellement le gaz carbonique.

Les inventeurs ont imaginé de faire agir au contraire le jus sur l'acide carbonique, et l'expérience de plusieurs années a

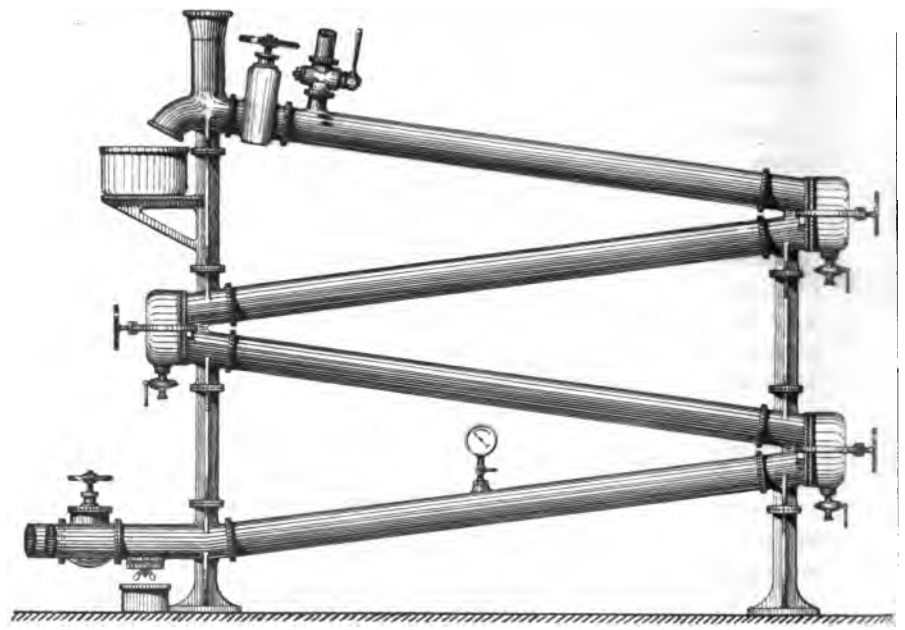


Fig. 41

démontré qu'ils avaient raison. La carbonatation continue de leur système, fonctionne à la Sucrerie centrale d'Escaudœuvres et traite seule les 35.000 hectolitres de jus obtenus journellement des 2.850 tonnes de betteraves que travaille cette grande usine. Les anciennes chaudières à carbonater ont été démontées et remplacées par un montage très intéressant de 4 carbonateurs continus.

Chaque carbonateur se compose d'un grand ballon cylindrique en tôle, à fond légèrement concave, dans lequel se fait

la carbonatation. Dans l'axe vertical de ce grand cylindre est disposé un autre cylindre plus petit se terminant librement dans l'air, à une hauteur assez grande sur le toit. Un peu au-dessus de la partie supérieure du grand cylindre, le petit cylindre est un peu plus large, de façon à venir s'emboîter dans une rigole circulaire, à la façon d'un joint hydraulique. C'est par cette rigole que sort le jus carbonaté. Dans l'intérieur du cylindre est un arbre garni d'une tôle perforée hélicoïdale animé d'un mouvement de rotation de 30 tours par minute environ, et qui a pour but de prolonger le contact entre le jus et l'acide carbonique.

Le dispositif d'introduction des fluides est le suivant : à la partie supérieure du ballon et à la partie inférieure règnent deux couronnes : la première amène le jus et la seconde le gaz. Ces deux couronnes viennent aboutir par une tuyauterie secondaire dans une série de pulvérisateurs en fonte et bronze dans lesquels le jus arrive avec une pression de 5 à 6 kilos, donnée par la pompe à jus et le gaz, avec seulement la pression de la pompe à gaz, soit 5 mètres d'eau. Ces pulvérisateurs sont du système Sée, et l'orifice de sortie du jus n'a que 2 à 6 millimètres. L'introduction du jus a lieu dans une direction un peu inclinée pour que le jet de jus ne rencontre pas le cylindre intérieur. C'est dans ce pulvérisateur que le jus se mélange au gaz carbonique. L'action est aussi intime et se continue encore dans le grand ballon ou carbonateur continu. Le liquide carbonaté se rassemble à la partie inférieure du carbonateur. Là il rencontre la base du cylindre en même temps que le gaz en excès qui n'a que ce seul chemin pour s'échapper. Le contact intime du gaz et du jus se continue dans le cylindre au moyen des spires de l'hélice perforée ; et enfin, arrivé à la hauteur de la rigole circulaire, le jus se déverse librement dans une autre rigole qui le conduit dans le bac d'attente des filtres-presses.

Il existe à Escaudœuvres deux carbonateurs comprenant chacun 15 boîtes à quatre pulvérisateurs et à orifices de 3 millim. 1/2 pour la première carbonatation et deux carbonateurs à 24 boîtes pour la seconde. Ici les orifices ont 6 millimètres. Il est bon d'ajouter que chaque pulvérisateur est muni d'un pointeau qui sert à déboucher les orifices de sortie

du gaz et du jus. La manœuvre de ces pointeaux se fait de temps en temps.

Voici les chiffres de la marche des deux carbonatations :

	1re carbonatation	2e carbonatation
Pression de la couronne à jus......	4 k. 25	5 k.
— dans le carbonateur......	0 k. 25	0 k. 25
— du gaz..................	0 k. 4-0 k. 6	
— dans la couronne à gaz...	0 k. 3	0 k. 3
Température..................	65°	80°

Le règlage de la marche de l'appareil se fait de la manière suivante : la soupape à jus est toujours ouverte en grand et on met en travail un nombre plus ou moins grand de pulvérisateurs. Quant au point d'arrêt de la carbonatation il se règle par la manœuvre de la soupape à gaz qui commande la couronne à gaz.

Les points d'arrêt sont les suivants : 1 gr., 1 de CaO par litre pour la première, 0,2 à 0,22 par litre pour la seconde.

A la sortie des carbonateurs les jus de 1re se rassemblent dans un bac d'attente de la pompe à cannes, ceux de IIe sont dans une chaudière à air libre où on les fait bouillir pour compléter l'opération de la carbonatation.

Le gaz carbonique qui entre dans le carbonateur avec une teneur de 31 p. 100 de CO^2 en sort avec seulement 6-7 p. 100.

La carbonatation, continue Maguin, prépare la première carbonatation. C'est un tube à large section placé horizontalement au-dessus de la chaudière et qui communique par un coude d'un diamètre plus petit avec les barboteurs placés au fond de la chaudière. A l'intérieur de ce gros tuyau est disposé un tuyau perforé, concentrique, qui distribue le gaz. L'appareil est représenté fig. 37.

La carbonatation Desmet et Brancourt permet d'utiliser le matériel existant. Le jus arrive dans le fond de la première chaudière, puis, lorsqu'il est parvenu à un niveau donné, il s'écoule par trop plein dans la chaudière suivante et ainsi de suite dans la troisième. L'écoulement du jus est constant et sans arrêt. L'alcalinité se règle dans la dernière chaudière au moyen du gaz que l'on admet en plus ou moins grande quantité.

Dans le ca rbonateur Gibert on se sert de deux chaudières et la colonne de jus dans chacune est assez élevée et se maintient

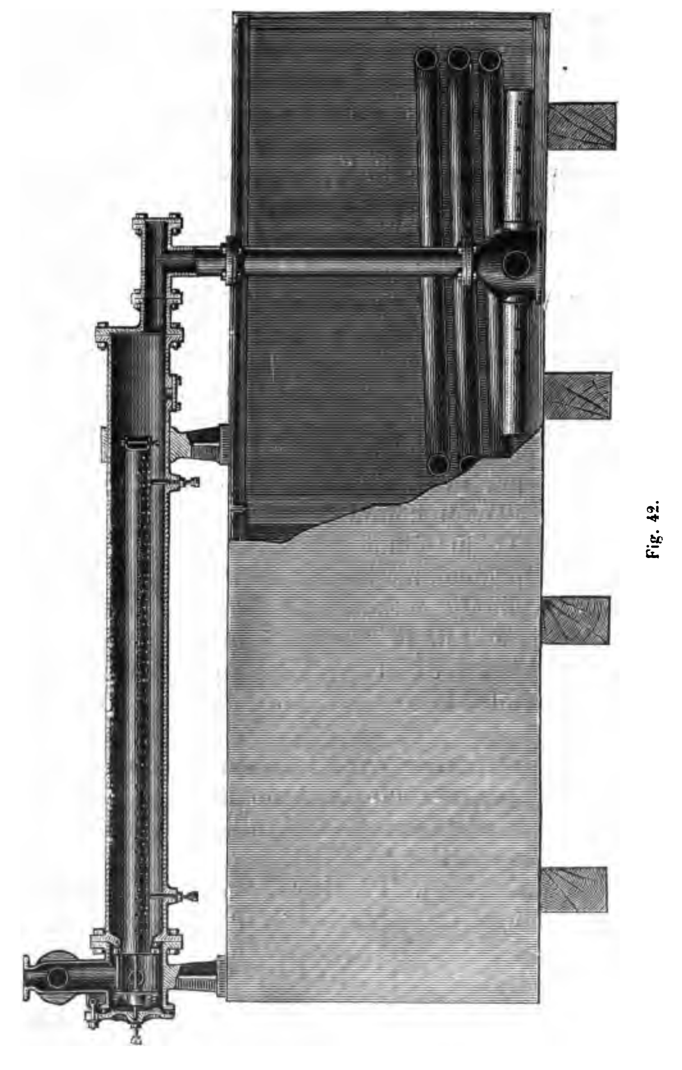


Fig. 42.

constante par trop plein. Le jus arrive dans la première chaudière et s'écoule par un tuyau qui part du fond de la première

chaudière pour se rendre dans la seconde. Le jus arrive continuellement et on règle sa vitesse suivant l'alcalinité que contient le jus à la sortie.

Le carbonateur Vivien prépare le jus à la carbonation et permet une assez grande économie de temps et de gaz.

C — Deuxième carbonatation.

Les chaudières de deuxième carbonatation sont de la même contenance que celles de première. Leur nombre est généralement de trois. Le jus de première carbonatation filtré et aussi clair que possible est remonté dans les chaudières de deuxième au moyen d'une pompe, ou bien si l'atelier des filtres-presses est aux étages supérieurs, le jus coule directement dans le bac d'attente de la deuxième. Le chaulage se fait ici au moyen de lait de chaux, soit environ 4 litres de lait de chaux à 22° Bé par hectolitre de jus. On chauffe vers 98°-100° et on carbonate jusqu'à ce que l'alcalinité soit de 0 gr. 15 à 0 gr. 25 CaO par litre. A la fin de la campagne on pousse souvent à 0 gr. 40 et au commencement on sature à neutralité à la phtaléine. Le jus étant moins alcalin on se sert d'une liqueur alcalimétrique ou 1/5, c'est-à-dire qu'avec un volume de la liqueur de Ire carbonatation on fait avec de l'eau 5 volumes de liqueur de IIe. La phtaléine ne donne pas cependant des résultats très exacts avec des liquides très carbonatés et il est préférable de se servir du tournesol ou de l'acide rosolique.

L'alcalinité déterminée avec le phénol phtalique comme témoin est toujours inexacte. On a moins que la réalité ; si l'on veut obtenir le résultat exact il faut utiliser le papier de tournesol neutre très sensible de Pellet.

Lorsqu'on sulfite les jus l'écart est encore plus grand entre le phénol phtalique et le tournesol. Des produits paraissent neutre à la phtaleine et sont nettement alcalins au tournesol.

Pendant l'opération de la deuxième carbonatation l'action de la chaux sur les matières azotées est plus vive et il se produit un abondant dégagement d'ammoniaque. Ce dégagement est facilité par l'ébullition qu'on fait subir au jus, à la fin de l'opération pendant quelques minutes.

L'opération terminée on passe aux filtres-presses de deuxième carbonatation.

Quelques usines, surtout en Autriche, font une troisième carbonatation. Dans ce but le jus de deuxième est saluré à une alcalinité de 0 gr. 5 à 0 gr. 6 CaO par litre, on passe aux filtres-presses et le jus filtré est saturé à fond par l'acide carbonique Cette troisième carbonatation se fait comme la seconde, mais on n'ajoute pas de chaux. Dans quelques usines, au lieu de carbonater en troisième, on sulfite, mais ce travail sera expliqué au chapitre de la sulfitation.

La durée de la seconde carbonatation est d'environ un quart d'heure. Le jus moussant moins, il n'y a en général pas d'émousseurs mécaniques. On se sert seulement de beurre de coco.

D. — Emploi de la baryte et du carbonate de soude.

La question du point d'arrêt de chaudière de deuxième a une grande importance pour les usines qui ont encore des purgeries où les bas produits sont conservés pendant plusieurs mois. Une forte alcalinité empêche les sirops de fermenter pendant leur séjour dans les bacs de cristallisation.

Bien souvent, lorsqu'on traite des betteraves avariées, échauffées ou insuffisamment mûres, cette alcalinité qu'on laisse à la seconde ne persiste pas, elle disparaît pendant la suite des opérations. On se trouve bien dans ce cas de l'addition de carbonate de soude en petite quantité, environ 50 grammes par hectolitre. Ce jus de carbonate de soude précipite les sels de chaux et donne de l'alcalinité aux jus. On peut encore employer la soude caustique en plaques 5 à 10 gr. par hectolitre.

Un autre procédé que nous préférons au précédent est l'emploi de la baryte à la Ire ou à la IIe carbonatation. La baryte est un agent d'épuration très puissant, supérieur à ce point de vue à la chaux, mais qui n'a jusqu'ici contre lui qu'un seul défaut, c'est son prix trop élevé. La baryte pour agir efficacement devrait être employée à la dose de 1 kilogr. par tonne de betterave. Les jus qu'on obtient sont exempts de sels de chaux

et se travaillent très bien. En outre, cet agent permet de supprimer une plus grande quantité de chaux et de ne chauler qu'avec 1 k. 5 de chaux par tonne de betterave. Il n'est pas indifférent de baryter les jus bruts ou les jus déjà carbonatés, et nous pensons qu'il est préférable de mettre de la baryte dans les jus de deuxième; on précipite ainsi les matières organiques qui n'ont pas été attaquées par la chaux.

Analyse des jus carbonatés.

1° *Densité.* Prise à l'aide du densimètre contrôlé avec correction pour la température ou bien à l'aide de Brix vérifies avec table de concordance.

2° *Sucre.* Dans un ballon de 100-110 cent. cubes, mettre 100 cent. cubes de liquide, au besoin (saturés par une ou plusieurs gouttes d'acide acétique), ajouter 5 à 10 cent. cubes de sous-acétate de plomb, compléter à 110 cent. cubes, agiter, filtrer et polariser au tube de 200 millimètres ordinaire, ou passer au tube continu. Supposons 66 divisions. D'après la table, on a de suite le sucre 0/0 cent. cubes, ou bien on calcule le sucre connaissant le poids normal correspondant au saccharimètre en usage, par une simple proportion en disant : si 100 divisions = 16.29 de sucre

66 — = x

x = 10.75

à ajouter 1/10 1.075

11.825 ou 11.82 de sucre 0/0 cent. cubes

Il est encore plus simple de multiplier la rotation trouvée par 0,1792.

3° *Cendres.* On évapore 10 ou 20 cent. cubes de jus, et lorsque la matière est à l'état de sirop, on humecte d'acide sulfurique, on carbonise et on passe au moufle comme pour toutes les cendres. On ramène le résultat à 100 cent. cubes après avoir soustrait le 1/10 conventionnel du poids des cendres.

4° *Matières organiques.* Connaissant les éléments ci-dessus, on a, par différence, le poids des matières organiques, soit un jus ayant :

Densité	1050
Correspondant à Brix volume	13.15 (1) (ou matière sèche)
Sucre pour 0/0 cent. cubes. .	11.82
Cendres	0.40
Matières organiques	0.78
Total. . . .	13.15

On calcule alors le *quotient de pureté*, par le rapport

$$\frac{\text{sucre}}{\text{matières totales dissoutes}} \quad \frac{11.82 \times 100}{13.15} = 89.8$$

Coefficient salin par le rapport $\frac{\text{sucre}}{\text{cendres}} \; \frac{11.82}{0.40} = 29.5$

Rapport des matières organiques aux cendres $\frac{0.75}{0.40} = 1.95$

5° On détermine l'alcalinité totale au moyen de la liqueur titrée avec le tournesol comme témoin, et on trouve pour le jus de II° une alcalinité variant de 0.15 à 0.50 par litre.

6° Pour la chaux, par la liqueur hydrotimétrique, on trouve traces de chaux : 0.02 ou 0.95 par litre.

3. Sulfitation et procédés à l'acide sulfureux.

La sulfitation se fait habituellement sur les sirops, mais comme c'est une partie de l'épuration et qu'elle se pratique quelquefois sur les jus en troisième saturation, nous placerons sa description ici.

A. — Production de l'acide sulfureux.

L'acide sulfurique se produit par la combustion du soufre dans des fours spéciaux ou fours à soufre. Ces fours sont de construction variable, mais ils ont tous pour principe la combustion du soufre dans un courant d'air à une température qui ne doit pas être trop élevée, afin que le soufre ne se sublime pas. La combustion a lieu dans un tet placé dans une chambre en fonte, et une pompe aspire le gaz et le refoule dans les chaudières où il doit agir. Tous les fours à soufre sont à circu-

(1) Un autre chiffre suivant les tables adoptées.

lation d'eau pour refroidir le métal et condenser les vapeurs de soufre qui se volatilisent toujours plus ou moins.

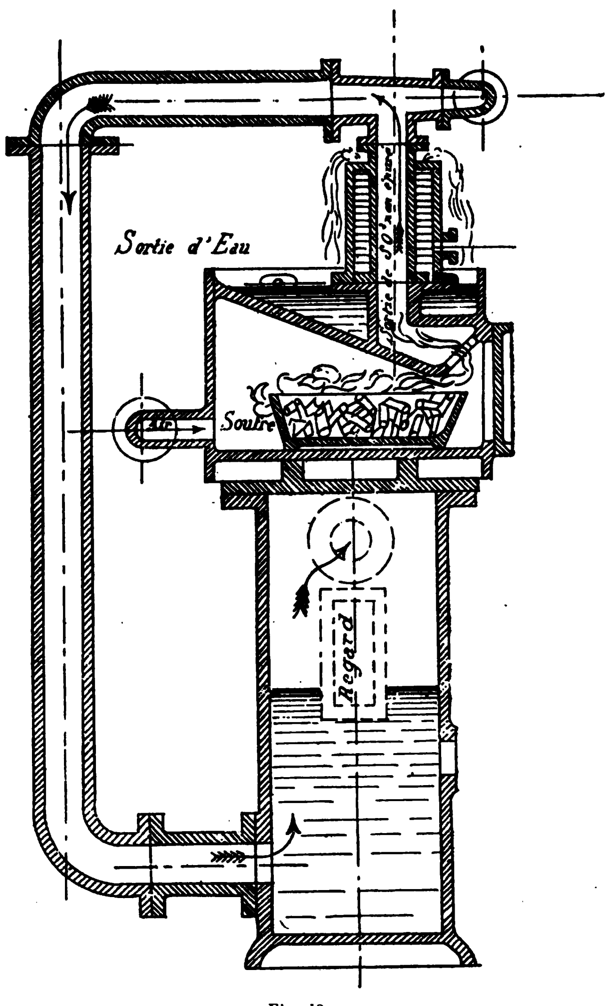


Fig. 43.

Une condition essentielle est que l'air nécessaire à la combustion n'arrive pas directement sur la surface du soufre en

fusion, afin que la température ne s'élève pas trop et qu'il n'y ait pas formation d'acide sulfurique.

L'air ne doit pas être humide, car l'humidité est également la cause de la production d'acide sulfurique. On évite cet inconvénient en faisant passer l'air nécessaire dans une boîte en tôle munie d'une ouverture dans laquelle on met des morceaux de chaux qu'on renouvelle de temps en temps.

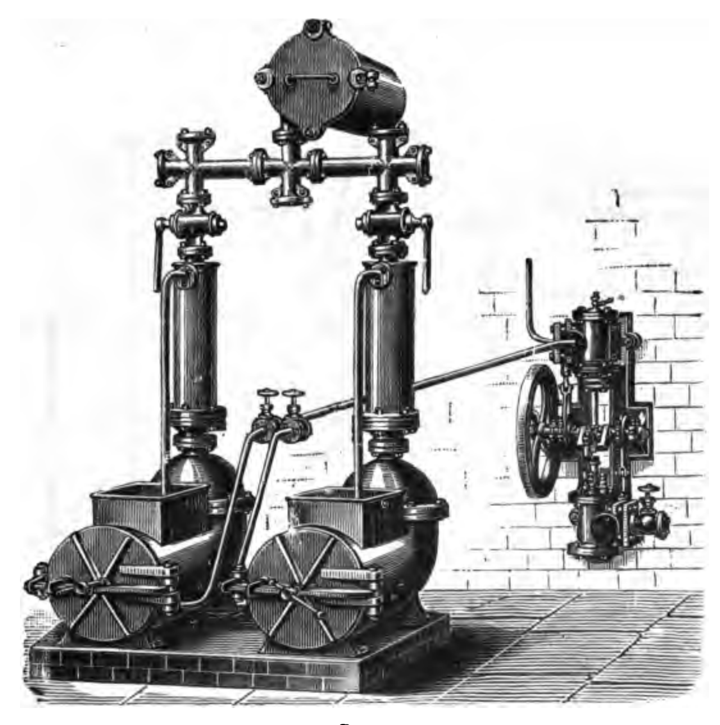


Fig. 44.

Les fours à soufre sont nombreux comme nous le disions plus haut. Nous ferons donc un choix parmi ceux qui sont le plus employés.

Four Vivien et Messian. — C'est Vivien qui est le promoteur de l'emploi de l'acide sulfureux en France. Son four est encore très employé, mais avec des modifications. Il consiste en une

boîte en fonte (fig. 43) sur laquelle est placé un récipient venu de fonte dans lequel on met l'eau destinée à refroidir le gaz sulfureux. A l'avant est une ouverture pour le chargement du four. Le soufre se place dans une coupelle en fonte. L'air arrive dans le four par aspiration faite au moyen d'une pompe.

Four Cambray. — Le four Cambray comprend (fig. 44) une pompe qui aspire l'air et refoule l'acide sulfureux, d'un four ou souvent de deux fours jumeaux avec bac à eau pour la

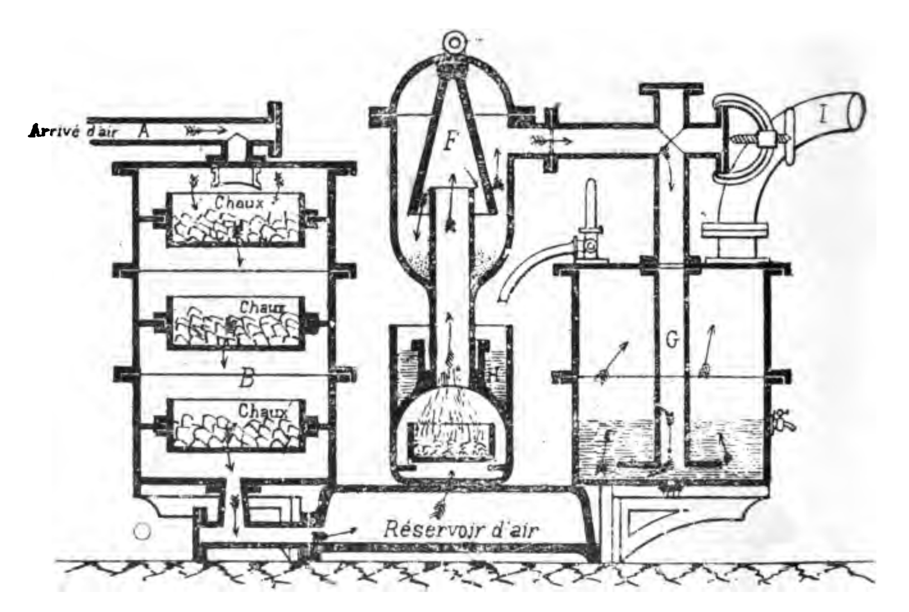


Fig. 45.

réfrigération, d'un sublimateur pour la condensation du soufre vaporisé.

Four Lacouture, — Dans le four Lacouture (fig. 45) l'air arrive autour de la coupelle où le soufre brûle avec une faible vitesse. L'acide sulfureux avant de sortir du four passe sur une couche de soufre qui brûle, et il perd ainsi les dernières portions d'air qu'il peut encore renfermer. Ce gaz passe à travers un

réfrigérant H F puis dans un laveur G, et s'échappe en I. L'air nécessaire est séché par de la chaux et arrive en A.

Four Vonhof. — Ce four est formé par une boîte (fig. 46) dans laquelle se trouve le soufre fondu (150 kil.) sur une hauteur de 10 centimètres. Au-dessus se trouve une autre boîte formant

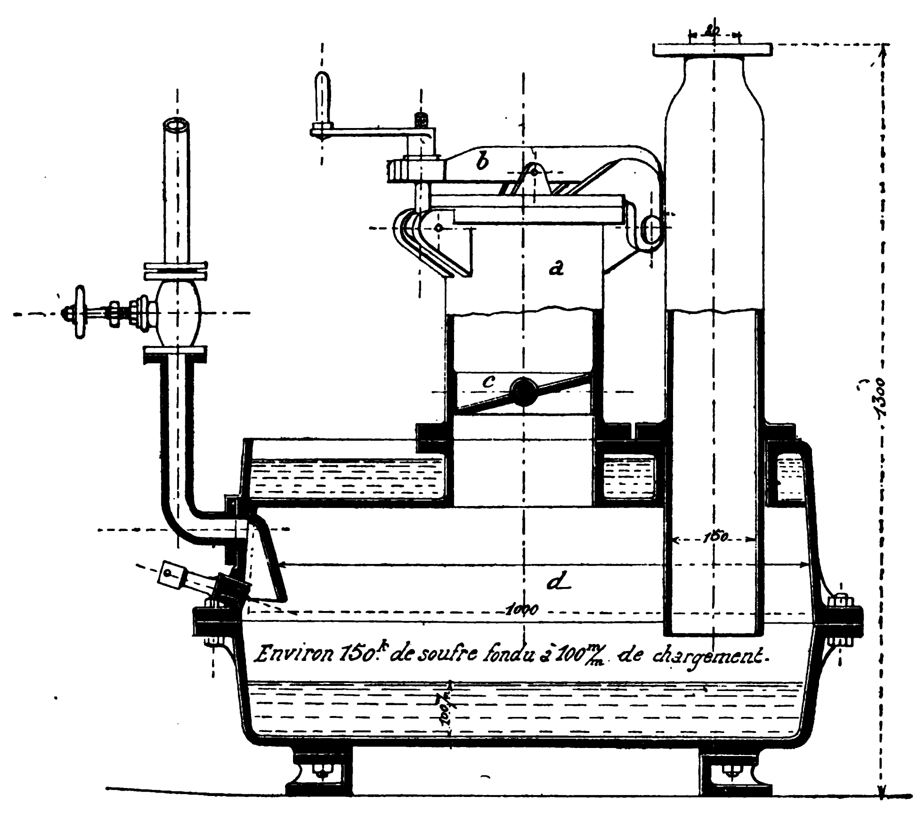


Fig. 46.

couvercle. L'air arrive, brûle le soufre et s'échappe par le tuyau de droite. Le chargement se fait au moyen d'un tuyau à papillon C, et le four est fermé en A et B au moyen d'un couvercle. Au-dessus de cette boîte circule un courant d'eau qui refroidit le gaz.

D'autres fours sont à aspiration d'air au lieu d'être à compresseurs comme les systèmes précédemment décrits.

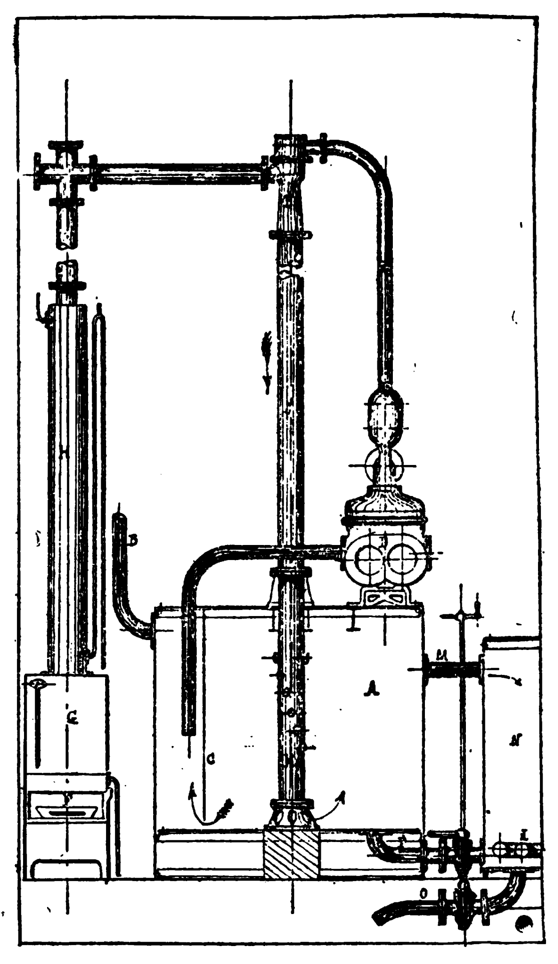


Fig. 47.

Les fours à aspiration ont le très grand avantage de ne pas incommoder les ouvriers au moment du chargement du four, comme les fours à compression qui, au moment de l'ouverture

de la porte de chargement. envoient au dehors de grandes quantités d'acide sulfureux. Lorsque l'air arrive par aspiration, ces inconvénients sont supprimés.

Parmi les fours qui appartiennent à ce système, sont les suivants :

Four Quarez. — Ce four se compose d'une chambre de combustion F. (fig. 47). L'air nécessaire passe dans une boîte contenant de la chaux. Le gaz se refroidit au contact de l'eau contenue dans le réfrigérant G. Le sublimateur est également placé dans le réfrigérant. La sortie du gaz est aussi entourée d'eau H. L'aspiration de l'air se fait au moyen d'une trompe E dans laquelle arrive le liquide à sulfiter. La sulfitation dans ce système ne se fait donc pas dans les chaudières, mais dans la conduite même du gaz sulfureux. A la suite de la trompe se trouve un tube droit J par lequel le liquide sucré sulfité se rend dans un bac A. La pompe D a pour but de reprendre le jus et de le renvoyer dans la trompe M est un trop plein par lequel s'écoule le jus sulfité au point voulu.

B. — Analyse du gaz sulfureux.

Le soufre en brûlant et en se combinant avec l'oxygène (un volume) donne un volume d'acide sulfureux. La richesse du gaz en acide sulfureux ne pourra donc pas dépasser 21 pour 100, qui est celle de l'air en oxygène.

Il est utile de se rendre compte de la marche du four à soufre, et on considérera que le travail du four est bon lorsque la richesse en SO^2 sera d'environ 20 pour 100.

On détermine cette richesse au moyen du tube Raoult avec la modification de Pellet. Ce tube est gradué et muni de deux robinets, dont un avec entonnoir. La graduation est en 100 volumes. Pour opérer, on fait traverser le tube bien sec par un courant de gaz, puis on ferme les deux robinets et on place dans l'entonnoir de la lessive de soude, et on ouvre le robinet lentement, on laisse entrer le liquide, on agite, on ouvre de nouveau jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'absorption de liquide ; on lit directement la teneur du gaz en SO^2. Le tube se lave à l'eau, puis à l'alcool et enfin à l'éther.

Mais il est plus simple d'utiliser le tube à robinet dit de Stammer, légèrement modifié. La division doit être complète, c'est-à-dire le point 100 à l'extrémité du tube. Comme cela est difficile à construire, on coupe un tube ordinaire à la division 100.

Dans ce tube sec on fait passer le gaz du four à soufre assez de temps pour chasser l'air, le tube étant tenu l'ouverture en haut, et en la bouchant presque au moyen du doigt.

Après quelques instants, le robinet du bas étant ouvert, l'air est remplacé par le gaz sulfureux, on porte sur la cuve à eau, et à l'aide d'un morceau de potasse, on absorbe le gaz sulfureux, on mesure le volume absorbé, on trouve de 10 à 20 ; en général de 12 à 15 0/0. Après l'opération, on lave le tube et on le met sécher pour recommencer.

C. — Sulfitation des jus et sirops

L'acide sulfureux employé sur les jus de IIe carbonatation se fait en sulfitant ceux-ci dans une chaudière munie d'un barboteur. L'action du gaz est continuée jusqu'à ce que l'alcalinité de 0,5 à 0,6 par litre soit descendue à 0,15 ou 0,20. Souvent l'opération se fait dans la chaudière même de carbonatation et à la température de 90 degrés.

Lorsqu'on opère à cette température, et qu'on observe l'alcalinité indiquée, on n'observe jamais d'inversion du sucre. Il en est de même lorsque le jus devient acide par l'acide sulfureux et que la température ne dépasse pas 45 degrés, comme nous le verrons plus loin dans le procédé Ranson.

Voici la méthode de travail recommandée par Stammer pour la sulfitation des jus :

On chaule les jus de première avec 2,5 à 3 p. 100 de chaux à 70 degrés, sans faire bouillir et on sature à 1 gr. 2 CaO par litre. La seconde carbonatation se fait avec 0,25 p. 100 de chaux, on sature à 0 gr. 8 CaO par litre et on fait bouillir. La troisième saturation se fait avec le gaz sulfureux à 73 ou 75 degrés en laissant une alcalinité de 0 gr. 3 puis on fait bouillir fortement.

Avec les nouveaux procédés de cristallisation rapide, on

peut pousser plus loin la saturation, la décoloration est plus complète.

Stammer donne pour la consommation du soufre 0 kil. 20 à 0 kil. 30 par tonne de betterave. Comme dimension de la pompe à gaz sulfureux, une pompe de 130 millimètres de diamètre du cylindre, 120 millimètres de course et 120 coups à la minute suffit pour 75 kilogrammes de soufre brûlé et pour 250 tonnes de betteraves.

En général on opère la sulfitation sur les sirops après leur sortie du triple effet ou de l'appareil d'évaporation. L'opération se fait dans les réchauffeurs à sirop avant la filtration, soit à chaud, soit à la température de 70 degrés qui est celle à la sortie de l'évaporation.

L'alcalinité d'un sirop étant de 0 gr. 80 à 1 gramme CaO par litre, on la descend soit à neutralité à la phtaléine soit à 0 gr. 1 à 0 gr. 2 CaO par litre, par l'acide sulfureux. La quantité d'acide sulfureux nécessaire est de 0 gr. 90 par litre de sirop, et comme 1 hectolitre de sirop à 30 degrés est donné par 6 hectolitres de jus à 1.045, il faudra pour 250 tonnes de betteraves, environ 40-50 kilogrammes de soufre ou sensiblement 1,6-2 kilogrammes par tonne.

D. — Procédé Ranson.

Le principe de ce procédé est basé sur l'action de l'acide hydro-sulfureux sur les jus.

Jusqu'ici, l'agent de la formation de l'acide hydro-sulfureux était le zinc. On a reconnu, à la suite de l'expérience, que ce métal offrait quelques inconvénients ; d'abord la quantité à employer était assez importante, et en outre les bas produits, par suite de la solubilité des sels de zinc, peuvent en retenir en dissolution, ce qui, en raison de la toxicité des composés du zinc, peut représenter des obstacles à l'emploi autre que pour le raffinage de ces sirops. Afin d'éviter tous ces inconvénients, l'inventeur a résolu de remplacer ce métal par l'étain en poudre impalpable, obtenu soit mécaniquement, soit par voie chimique de précipitation. L'étain forme, en effet, des combinaisons organiques insolubles et un grand nombre, pour

ne pas dire la plupart de ses composés inorganiques sont insolubles. Dans ces conditions, il n'y a nullement à craindre le passage du métal dans les sucres de bas produits et les égouts.

Voici comment on traite les sirops. On les refroidit à 50° au moyen d'un réfrigérant tubulaire par de l'eau froide et on sulfite, jusqu'à ce que le sirop contienne 1 gr. 6 à 3 grammes d'acide sulfureux par litre, ce qu'on constate par les moyens connus, puis dans la chaudière même de sulfitation, on ajoute l'étain pulvérulent à raison de 5 grammes par hectolitre de sirop. Ces 5 grammes d'étain équivalent à 20-30 grammes de zinc, puis on chauffe à 75-80°. La formation de l'acide hydrosulfureux se produit immédiatement, et aussitôt que la température indiquée est atteinte, on filtre dans un grand filtre-presse.

La décoloration qu'a subie le sirop est considérable, de même que la viscosité qui est fortement diminuée, comme la filtration facile des sirops le montre bien Le sirop acide, à son entrée dans la cuite, perd peu à peu par évaporation les acides volatils mis en liberté par l'acide sulfureux, et la neutralité apparaît à la fin de la cuite. Quelquefois même la masse redevient alcaline.

4. Filtration.

La station de la filtration comprend : A. les filtres-presses et B. les filtres mécaniques.

A. — Filtres-presses.

Les filtres-presses servent à la filtration des jus troubles de I^e^ de IIe et éventuellement de IIIe carbonatation. L'atelier des filtres-presses est généralement placé dans les étages supérieurs de la sucrerie.

L'installation des filtres-presses comprend : un bac d'attente des jus troubles, une batterie de filtres-presses de Ire, une pompe à écumes, une pompe pour le lavage des écumes, une batterie de filtres-presses de IIe.

Bac d'attente. — Lorsque la chaudière de première carbonatation est achevée, on vide le tout dans un bac d'une contenance d'au moins une chaudière. Ce bac est en charge sur la

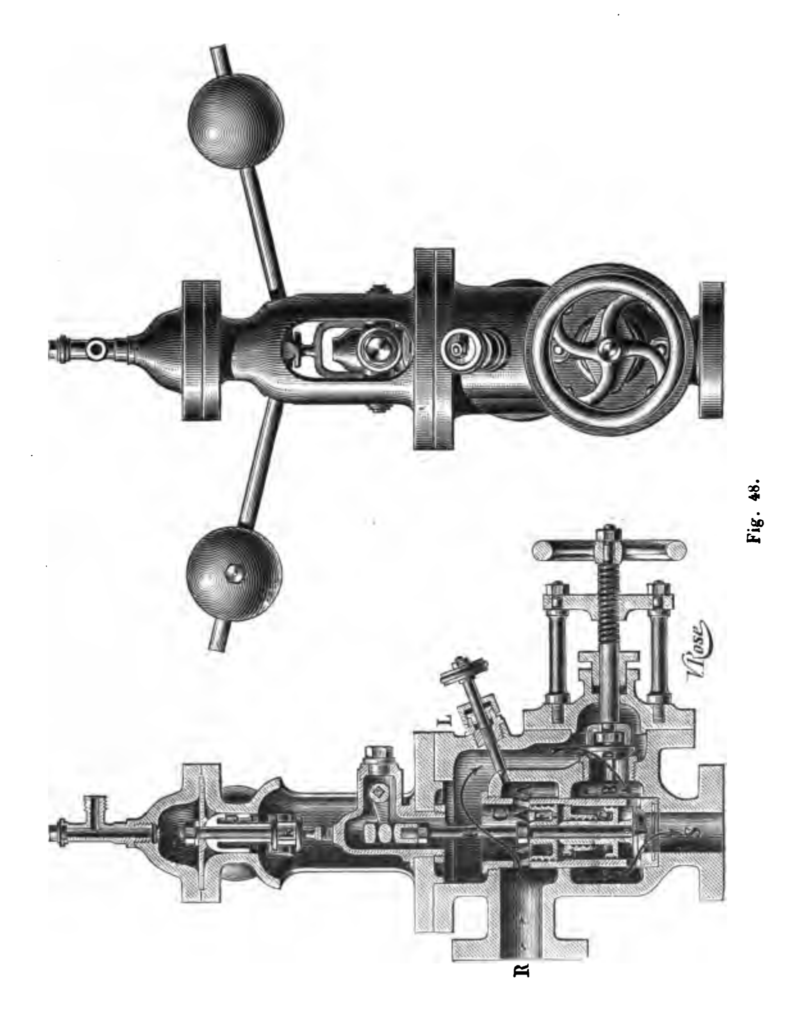


Fig. 48.

pompe à écumes et, en outre, il est muni d'un malaxeur qui a pour but de mélanger et d'incorporer au jus trouble de Ire les écumes provenant des filtres-presses de IIe carbonatation.

Pompes à écumes. — Le régulateur-modérateur Léchevin a pour but de régler l'admission de la vapeur dans les cylindres-moteurs qui actionnent les pistons des pompes, et de produire la fermeture de la boîte de distribution, lorsque la pression maxima est atteinte. Il limite également la vitesse du moteur à la mise en route, et chaque fois qu'une chute de pression vient à se produire brusquement(fig. 48).

Il se compose d'un corps muni de deux tubulures R S, dont l'une se raccorde avec l'arrivée de vapeur et l'autre avec la boîte de distribution du moteur. Ces tubulures communiquent aux compartiments A B, par le cylindre C. Un conduit latéral relie l'intérieur du cylindre C avec la tubulure S. Dans ce conduit se trouve un clapet D manœuvré par un volant. Le cylindre C est percé sur son pourtour d'orifices triangulaires et divisé en deux parties par la membrane E. Dans les deux parties jouent respectivement les pistons F G montés sur la tige M. Le piston F sert d'obturateur et le piston G de compensateur. A l'extrémité de la tige H est fixé le clapet I qui s'appuie sur le siège de la sortie de vapeur S. La tige H est pourvue d'une articulation qui actionne le piston J surmonté d'un diaphragme flexible. Ce diaphragme isole complètement le piston de la partie supérieure du régulateur, formée par une calotte sphérique en communication constante avec le refoulement de la pompe. La tige du piston J est en outre reliée à deux leviers munis de contrepoids qui oscillent sur pivots et tendent constamment à soulever l'articulation K, tandis que l'air comprimé dans la calotte tend, par l'intermédiaire du diaphragme, à appuyer le piston J sur la tige H. Dans ces conditions, si nous ouvrons le clapet D, la vapeur suivra le parcours indiqué par les flèches. Le piston E et les clapets I dans leurs positions moyennes donnent le plus grand passage de vapeur pour assurer la marche de la pompe à son plus grand débit, et, comme ils agissent en sens contraire, il s'en suivra que la pompe fonctionnera sans emballement ni écart de vitesse, jusqu'à ce que la pression maxima soit atteinte. Dans ce cas l'arrêt se produit automatiquement et sans secousses. Il en est de même lors de la mise en marche, il suffit de desserrer légèrement la vis L, pour régler la quantité de vapeurs néces-

saire pour actionner la pompe, lorsqu'elle est sans pression au refoulement.

Les pompes à écumes sont de modèles très différents. Les unes sont horizontales, du système Worthington (fig. 49), les autres sont verticales (fig. 50). Mais la condition d'un bon fonctionnement est qu'elles soient automatiques, c'est-à-dire que l'admission de la vapeur dans le cylindre à vapeur soit

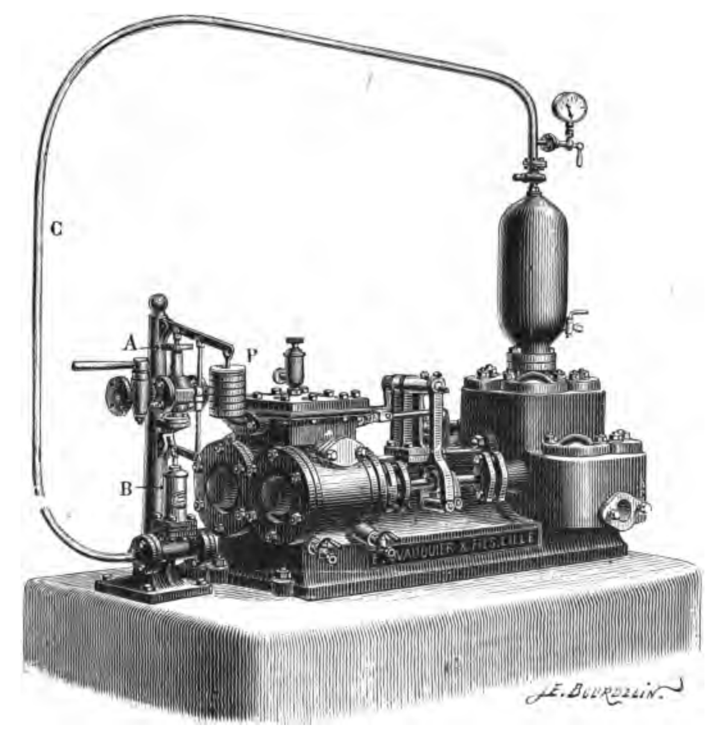


Fig. 49.

toujours ouverte à l'arrêt. La pompe ne fonctionne que si les écumes trouvent une issue, par le passage dans les filtres-presses. Si donc le cylindre à vapeur a la même section que le cylindre à jus, et que la pression de la vapeur soit de 5 kilogrammes, la pression maxima aux filtres-presses ne

pourra pas dépasser ce chiffre; si la section du cylindre à écumes est plus grande, la pression aux filtres-presses sera dès lors plus faible. Les pompes automatiques se passent de surveillance, il suffit qu'elles débitent la quantité de jus pro-

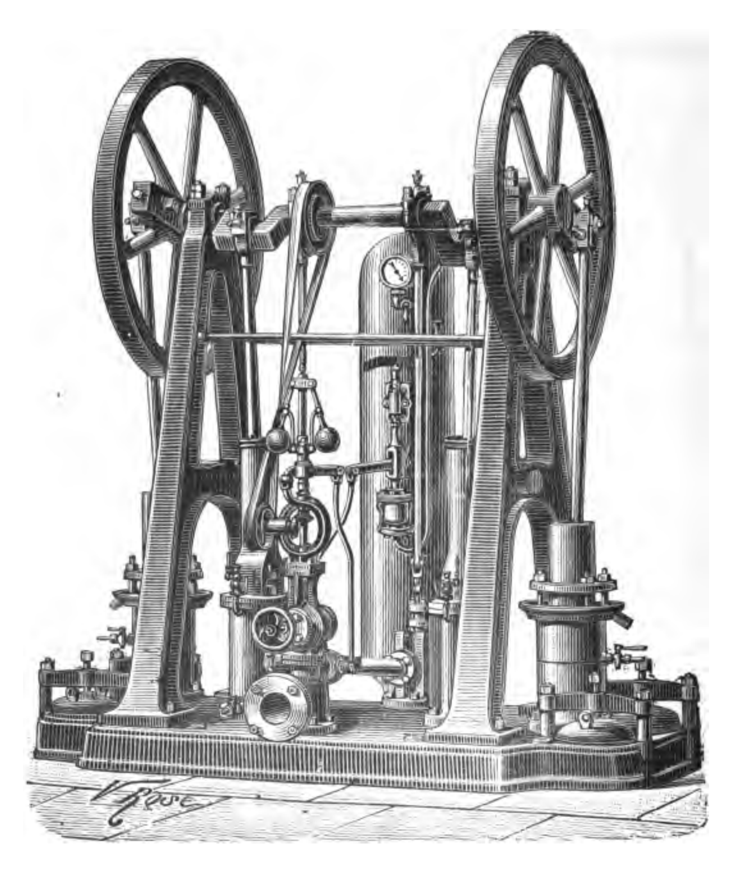


Fig. 50.

duite par l'usine, soit environ 140 litres par 100 kilogrammes de betteraves, lorsqu'on emploie le lait de chaux. Par conséquent une usine faisant 250 tonnes par jour produira 3.500 hectolitres de jus et la pompe devra débiter 2 hect. 1/2 par minute.

D'autres pompes sont à simple effet et commandées par courroie (fig. 51).

Un autre procédé de refoulement des écumes aux filtres-presses consiste à se servir de monte-jus actionnés soit par la vapeur, soit par l'air comprimé. L'emploi de la vapeur doit être rejeté parce qu'elle dilue les jus et qu'en outre, elle exerce, lorsqu'elle arrive en contact avec les toiles des filtres-presses, une action destructive sur leur tissu.

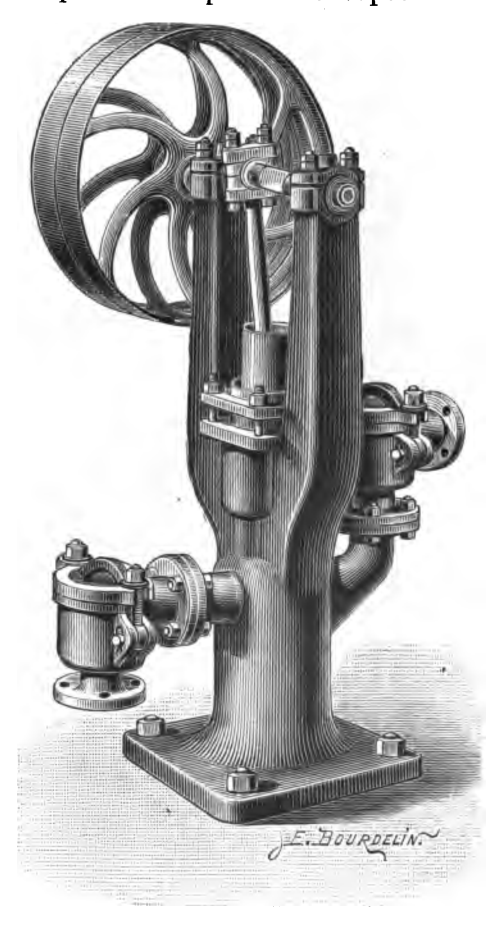


Fig. 51

Les pompes automatiques sont munies d'un volant, de deux cylindres de vapeur calés de manière à éviter les points morts de deux cylindres à jus à pistons plongeurs et à simple effet, de regards pour visiter la conduite à jus, d'un régulateur de vapeur et d'une bouteille d'air pour régler la marche du jus et éviter les coups de bélier. Pendant qu'un cylindre à jus est à l'aspiration, l'autre est au refoulement.

Les pompes automatiques consomment moins de vapeur que les monte-jus et donnent des tourteaux plus réguliers.

Les pompes à écumes aspirent dans le bac à jus trouble par

l'intermédiaire d'un épierreur en tôle perforé (fig. 52), afin que les corps étrangers ne s'introduisent pas dans la tuyauterie et ne viennent pas se mettre sur le siège des soupapes.

Filtres-presses. — Les modèles de filtres-presses sont nombreux, mais ils se ramènent à un type uniforme que nous allons décrire (fig. 53).

On tend actuellement à remplacer les anciens petits filtres-presses par de grands filtres à 50 plateaux de 1 mètre de surface filtrante et à lavage absolu.


Fig. 52.

Un filtre-presse se compose essentiellement de deux arbresen fer fixés à deux plateaux en fonte ou pignons et supportant des cadres munis de tôles perforées ou ondulées. Chaque cadre est séparé du précédent par un cadre en fer évidé, qui sert de moule ou de chambre au tourteau. Les cadres portent, à la partie supérieure et dans l'angle, des ouvertures fermées par des manchettes en toile, formant joint, dont l'assemblage constitue la conduite de distribution de jus. A la partie inférieure, elles forment la conduite d'eau de lavage. Sur chaque cadre muni de tôle ondulée, on dispose à cheval deux serviettes, de coton ou de toile. C'est entre ces serviettes que le tourteau d'écumes se forme. A la partie inférieure des cadres à tôle, se trouve un robinet, qui sert à la sortie du jus filtré, les cadres vides portent aussi un robinet à la partie inférieure qui sert à la sortie du petit jus de lavage. Le pignon fixe porte, en outre, la soupape d'introduction du jus et le robinet

d'échappement d'air à la partie supérieure. A la partie inférieure, se trouve la soupape d'admission d'eau et de petit-jus,

Le fonctionnement d'un filtre-presse est très simple. On commence d'abord par garnir soigneusement les cadres à tôle avec des serviettes propres, puis on place les manchettes et on serre énergiquement la presse; ensuite, on ouvre les robinets du bas, les robinets supérieurs des cadres évidés et l'échappement d'air et on ouvre doucement la soupape d'arrivée du jus trouble. Lorsque ce dernier sort par l'échappement d'air, on ferme ce dernier et on ouvre en grand la soupape à jus, le jus traverse les toiles et s'écoule clair dans une rigole disposée en dessous. Peu à peu, au fur et à mesure que la presse s'emplit, le coulage se ralentit et ne se fait plus que goutte à goutte.

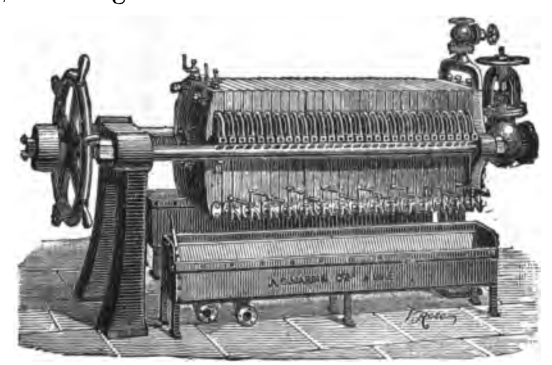


Fig. 53.

A ce moment on ferme la soupape à jus trouble et les robinets d'écoulemeut du jus clair, puis on ouvre la soupape à petit jus et on commence le lavage; les robinets des cadres évidés étant ouverts, le petit jus emplit l'intervalle entre deux toiles perforées, traverse la toile, suit le chemin inverse du jus clair, pénètre dans le tourteau, le lave et sort par la partie supérieure et s'écoule dans une rigole qui sert de jaugeur et qui est munie d'un tampon en bois. On fait passer ainsi la valeur d'un bac de petit jus selon la quantité dont on dispose; puis on remplace le petit jus par de l'eau chaude. Ces deux lavages se font au moyen d'une pompe de petit calibre, automatique (fig. 54). L'eau doit être aussi chaude possible, et on peut se servir avec avantage des eaux ammoniacales ou des eaux de condensation des réchauffeurs ou de la cuite.

Lorsque le lavage est terminé, la densité du jus qui s'écoule est presque nulle. On arrête alors l'introduction d'eau, on

envoie dans son bac spécial le petit jus, puis on vide les cadres qui ne renferment plus que de l'eau, en ouvrant les robinets inférieurs. Cette eau est rejetée en général ou utilisée avec toutes les autres eaux chaudes. On desserre la presse, on écarte successivement tous les cadres et on aide au moyen de sabre de bois les tourteaux à se détacher des toiles. Ces tourteaux tombent dans une trémie en tôle et ensuite dans des wagonnets qui les transportent au dehors, soit par une petite voie ferrée, placée sur une estacade, soit par un cable télédynamique.

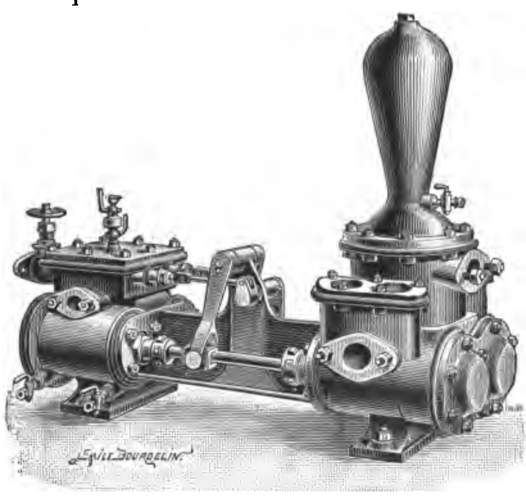


Fig. 54.

La quantité d'eau qu'on emploie au lavage varie suivant la perfection du système de filtre-presse et le mode opératoire. On compte pour 100 kilogrammes d'écumes 25 à 75 litres de petit jus et de 90 à 150 litres d'eau. La densité du petit jus est d'environ 101,5, elle peut être aussi plus élevée. La question de la durée du lavage a aussi une très grande importance. Plus on lave longtemps, moins il faut d'eau. Les écumes sans être lavées auraient 4 p. 100 de sucre si elles provenaient d'un jus d'une densité de 104,0 et si elles contenaient 42 à 45 p. 100 d'humidité. Leur quantité s'élève à 12 à 14 p. 100 du poids de la betterave. Après lavage, elles ne renferment plus que 0,5 à 1 p. 100 de sucre soluble, suivant l'intensité du lavage et la quantité d'eau employée.

La surface filtrante aux filtres-presses de Ire carbonatation nécessaire à une filtration normale est de un demi-mètre carré par tonne de betterave. Par conséquent, pour 250 tonnes

il faudra 125 mètres carré ou trois grands filtres à 1 mètre de côté et à 50 plateaux.

La pression aux filtres-presses se fait dans de bonnes conditions lorsqu'on ne dépasse pas 2 kilogrammes par centimètre carré ; car alors le tourteau est suffisamment dur, mais ne l'est pas trop pour s'opposer à l'introduction de l'eau de lavage.

Le lavage des écumes doit être fait lentement en augmentant peu à peu la pression de l'eau de lavage. Pendant le lavage la pureté du petit jus diminue peu à peu par suite de la redissolution des matières organiques. Cette pureté pour la dernière eau, n'est guère supérieure à 70 à 75, tandis que la pureté moyenne du jus était 88 à 90 et 91, celle du petit jus est d'environ 80 à 83.

Pour les écumes on peut aussi utiliser le lavage méthodique préconisé par quelques praticiens. Mais nous ne croyons pas que ce système puisse être meilleur que le simple lavage direct à l'eau, qui donne d'excellent résultat étant bien compris et pratiqué.

Pour un bon lavage on ne doit pas presser trop fortement les écumes. Avoir une pression d'eau suffisante.

Ne pas employer de l'eau ammoniacale, ni d'eau chargée de bicarbonate. Les toiles s'incrustent fortement de carbonate de chaux et le lavage devient impossible.

La perte en sucre dans les écumes ramenée à 100 de betteraves, et en admettant une richesse des tourteaux de 0,75 p. 100, est pour 14 p. 100 de 0,10 p. 100 de betterave.

Les toiles des filtres-presses doivent être changées de temps en temps pour les laver soit à la brosse, soit dans un laveur de serviettes automatique, à bascule. De temps en temps, après le lavage, on peut les laisser séjourner dans un bac en bois renfermant de l'acide chlorhydrique à 2 ou 3 p. 100 qui dissout le carbonate de chaux dont le tissu est imprégné sans altérer la fibre.

Nous avons expliqué les accidents dont le travail des filtres-presses pouvait être atteint, au chapitre de la carbonatation.

On a cherché, d'autre part à expliquer la mauvaise filtration aux filtres-presses. D'après Herles, on doit également l'attribuer à la qualité de la chaux employée et aussi à celle du

lait de chaux. C'est ainsi que les chaux qui contiennent de la silice, de l'oxyde de fer et de l'alumine, entravent la filtration en formant un enduit sur les toiles. Quelquefois le lait de chaux a une apparence grenue due à un défaut dans l'extinction de la chaux (eau froide au lieu d'eau chaude) ou à l'emploi de chaux morte.

D'après Herzfeld la quantité souvent notable de graisse employée pour l'émoussage des jus est une cause de difficultés dans le travail des jus. De même, les combinaisons du fer avec la pectine dont la présence est due à la température élevée à la diffusion, ralentissent la filtration. Herzfeld recommande de ne pas pousser trop loin la saturation lorsque la pierre contient de l'argile afin de ne pas décomposer l'aluminate et mettre ainsi l'hydrate d'alumine en liberté.

On a donné à la mauvaise filtration des filtres-presses les raisons les plus invraisemblables. Neumann l'attribue à la formation défectueuse du carbonate de chaux qui, au lieu d'être cristallisé est gluant. Felcmann et Beutl l'attribuent à la constitution même du jus de betterave. Goller et Libus pensent que le nitrate de soude employé comme engrais est une des causes principales, Karlik donne des défauts mécaniques comme raison de la mauvaise filtration.

En général on peut admettre que 1 kilogramme de chaux employée à la carbonatation donne 4 kilogrammes d'écumes.

Filtres-presses de IIe. — La filtration des écumes de seconde ou de troisième carbonatation exige moins de soins au point de vue du dessucrage, puisque ces écumes ne sont pas dégraissées; mais, par contre, la filtration doit être au point de vue de la limpidité aussi parfaite que possible afin de ne pas salir les filtres mécaniques qui complètent la filtration des jus.

Généralement cette filtration se fait au moyen d'anciens filtres-presses qui servaient autrefois pour la première carbonatation et qui ont été remplacés par des filtres perfectionnés plus puissants. On peut employer, également, une pompe automatique pour le refoulement des écumes de IIe, mais souvent on se contente d'une simple pompe à jus ordinaire, parce que la pression nécessaire doit être moindre, 2 kilogrammes environ, et, en outre, les tourteaux n'ont jamais une

consistance bien compacte afin qu'ils puissent se délayer plus facilement.

La surface filtrante pour les écumes de IIe est d'environ 0 m^{2}25 par tonne de betterave. Les écumes doivent être filtrées aussi chaudes que possible, à la sortie de la chaudière. La filtration se fait mieux et de plus, la perte de chaleur est moindre. Lorsque la filtration se ralentit, on desserre les presses et on laisse tomber les écumes dans le bac d'attente des jus troubles de Ire carbonatation qui, comme nous l'avons dit, est muni d'un malaxeur. Ces écumes sont donc mélangées à celle de I^e et sont filtrées ensemble.

A la sortie des filtres-presses de IIe les jus de IIe vont directement par pente naturelle dans les filtres mécaniques. Si la hauteur n'est pas suffisante on les élève au moyen d'une petite pompe centrifuge et on donne à la pression sur les filtres, une hauteur de 2 à 3 mètres. La pompe refoule dans un bac, en charge sur ces filtres et on se trouve bien de munir ce bac d'une enveloppe calorifuge ainsi que toute la conduite à jus.

Composition et analyse des écumes. — Les écumes de première carbonatation mélangées de celles de IIe représentent la somme des impuretés que la chaux peut enlever à la betterave, sous la forme insoluble. Ces impuretés sont principalement des matières azotées. A ce point de vue, les écumes de défécation ont une importance considérable, souvent méconnue des cultivateurs et elles peuvent rendre de grands services, en modifiant la nature physique des terres argileuses dans lesquelles le carbonate de chaux fait défaut. Ces terres sont en effet rendues plus légères par l'addition de 100 tonnes de défécations par hectare, ce qui correspond à 10 kilogrammes par mètre carré. L'influence des écumes se fait sentir, pendant de longues années. Mais cet emploi doit être judicieusement fait et il ne faut pas exagérer et remettre des écumes tous les ans dans la même terre. Celle-ci deviendrait alors trop poreuse et trop légère.

La composition des écumes varie avec la quantité de chaux employée, la composition de la pierre et la pureté plus ou moins grande de la betterave. La base principale des écumes

est le carbonate de chaux à l'état précipité, puis l'eau et, enfin les autres composants de la pierre et de la betterave. Nous donnons, d'après Pellet, la composition moyenne des écumes de carbonatation.

	Ecumes filtrant bien	Ecumes filtrant mal
	pour 100 parties de matière sèche	
Silice et insoluble	0.53 — 2.99	0.67 — 3.13
Oxyde de fer et alumine	0.84 — 4.23	0.45 — 3.86
Chaux (CaO)	41.31 — 47.13	39.52 — 46.79
Hydrate de chaux $Ca(OH)^2$	0.14 — 2.49	0.00 — 1.14
Magnésie MgO	1.71 — 5.13	0.53 — 2.78
Acide carbonique	26.11 — 33.80	26.11 — 32.85
— phosphorique	1.09 — 2.06	0.92 — 3.03
— sulfurique	0.53 — 4.10	0.50 — 3.68
Graisse	0.05 — 1.29	9.65 — 3.49
Azote	0.22 — 0.36	0.14 — 0.44
Pentoses	0.17 — 1.11	0.12 — 0.80
Indéterminées	6.64 — 14.98	8.17 — 18.32

Drenkmann a donné l'analyse comparative de deux écumes l'une de carbonatation et l'autre de sulfitation. Ces écumes n'ont pas été lavées.

	Carbonatation seule.	Carbonatation et sulfitation.
Sucre	4,64	4,72
Potasse et soude	0,18	0,15
Carbonate de chaux	78,00	64,85
Sulfite de chaux	»	19,72
Sulfate de chaux	0,02	0,05
Chaux combinée aux matières organiques	3,15	2,95
Non sucre organique	12,45	7,05
(dont azote)	(0,18)	(0,15)
Silice	0,27	0,18
Alumine et oxyde de fer	0,15	0,08
Non dosé et pertes	1,14	0,25

Ces chiffres ne peuvent que donner une indication générale et ne peuvent être considérés comme exprimant le degré de l'épuration.

L'analyse des écumes se borne au dosage de l'eau et du sucre.

Pour doser l'eau on dessèche jusqu'à poids constant 5 gr. d'écumes à la température de 110 degrés.

Le sucre soluble se détermine en pesant un poids donné d'écumes, et broyant la matière dans un mortier avec de l'eau chaude. Lorsque la masse est complétement broyée, on ajoute quelques gouttes de sous-acétate de plomb, on filtre et on polarise. Il est plus simple de peser le poids normal, soit 15 gr. 55 pour le saccharimètre Laurent et 25 grammes pour le saccharimètre allemand. Ces nombres tiennent compte du volume occupé par l'écume dans un ballon de 100 centimètres cubes.

Le sucre total s'obtient en répétant la même opération que pour le sucre soluble ; mais on décompose le sucrate de chaux au moyen d'acide acétique dilué ou d'azotate d'ammoniaque. Le reste de l'opération se fait comme ci-dessus.

La quantité de sucre insoluble est assez variable. Toutes les écumes en renferment plus ou moins. On constate que les écumes qui passent mal aux filtres-presses contiennent en général une quantité plus considérable de sucre à l'état insoluble. Dans un travail normal, et pour des écumes bien lavées, on a : sucre soluble, 0,50, sucre insoluble 0,50 à 1,0 p. 100.

B. — Filtres mécaniques.

Les systèmes de filtres mécaniques ont pris naissance après la suppression du noir en sucrerie à la suite des travaux de Champion et Pellet sur l'action du noir (1876). C'est dans la sucrerie de Mercier à Bresles qu'on tenta pour la première fois la fabrication du sucre sans noir (1883). Le nombre des filtres est considérable et nous n'entreprendrons pas de les décrire tous. On connaît, en effet, les filtres Taylor, les poches Puvrez, les filtres mécaniques Loze, Walkhoff, Danek, Kasalowski, Bontemps, Philippe, Villette, Bolikowski, Bride et Lachaume, Claritas, Miller, sans compter les filtres anonymes construits par les maisons de construction. Nous n'entreprendrons naturellement pas la description de tous ces filtres qui donnent

presque tous d'excellents résultats. Nous décrirons sommairement les plus employés.

Poches Puvrez. — Oscar Puvrez est le promoteur de la filtration mécanique par l'invention des poches qui portent son nom (1878). Ces poches se composent d'un grand sac étroit ligaturé à chaque extrémité. L'une de ces extrémités est fermée, tandis que l'autre est en communication avec l'alimentation du jus venant des filtres-presses. Ces poches reposent sur un demi-cylindre horizontal en treillis métallique. Le tout est enfermé par série de deux ou trois poches dans une caisse métallique plate. Le jus s'écoule librement au dehors par un tuyau qui prend au fond de la caisse. La sortie doit toujours être libre pour éviter que le jus ne déborde en dehors de la caisse.

Filtres Loze et Helaers. — Ces filtres ont été construits en 1883 et leur forme est analogue à celle d'un osmogène. Ils se composent d'une série de cadres en bois placés verticalement les uns à côté des autres et séparés par des serviettes en coton. Un canal situé à la partie supérieure des cadres et traversant les serviettes communique par une de ses extrémités avec la réserve de jus à filtrer et par de petits conduits avec l'intérieur des cadres de rang impair. Le liquide à filtrer pénétrant dans les chambres de rang impair traverse en se filtrant les tissus, puis se rend dans les chambres de rang pair et de là à l'extérieur par un robinet.

On peut avec ces filtres pratiquer la filtration double au moyen de canaux appropriés et de cadres intermédiaires ne communiquant pas avec l'extérieur et placés entre les cadres d'entrée et de sortie.

Filtre Danek. — Ce filtre est constitué par un bac en tôle hermétiquement fermé à la partie supérieure, dans lequel sont des cadres en tôle ondulée qu'on place dans les sacs filtrants en forme de taie d'oreiller. Chaque filtre renferme 30 cadres. La filtration se fait de dehors en dedans. Les cadres ont 70 × 70 soit 1 mètre carré par sac pour la surface filtrante. La pression de régime est de 1 m. 50 à 3 mètres.

Le couvercle est muni d'un contrepoids qui en facilite la manœuvre. L'entrée du liquide est à la partie inférieure et la sortie des dépôts est placée un peu au dessous.

La sortie du liquide filtré se fait par une série de tubes horizontaux supportant les appareils filtrants. Ceux-ci sont formées par des sacs plats contenant intérieurement une tôle ondulée pour empêcher leurs parois de se toucher sous l'influence de la pression. La partie supérieure de cette tôle s'engage dans une fente longitudinale des tubes de sortie. Ces tubes ouverts à leurs deux extrémités sont supportés d'un côté par un cône qui pénètre intérieurement à l'aide d'une vis extérieure et de l'autre côté par un cylindre creux dans lequel ils s'emboîtent. Ce cylindre qui communique avec l'extérieur débouche au-dessus d'une rigole destinée à recevoir les jus filtrés ; afin d'empêcher toute sortie directe du liquide à filtrer, les tubes sont munis de petites rondelles de caoutchouc qui s'appuient contre la paroi du bac. Quant au joint supérieur. il est formé en rabattant les bords supérieurs de la poche sur le dessus du tube et en les maintenant en place à l'aide d'une réglette et d'une vis.

Filtre Kasalowski. — Ce filtre est composé de cadres filtrants suspendus dans un bac. Ces cadres sont en tissu d'acier galvanisé et spiralé introduit dans une poche quadrangulaire en coton épais. Chaque poche a une surface de 1 mètre carré et filtre 100 hectolitres de jus clair ou 30 hectolitres de sirop à 28° Bé. La pression de régime est de 5 à 6 mètres d'eau.

Le filtre Kasalowski est une imitation du filtre Danek. Il date de 1888.

La filtration s'effectue par l'emploi des garnitures en tissu métallique à fils spiriformes et la toile s'attache seulement aux arcs extérieurs des spirales, alors que l'espace intérieur constitué par les spirales reste toujours libre et permet au jus filtré de s'écouler sans obstacle. On peut régler par la soupape d'entrée la pression dans la caisse du filtre et on peut aussi augmenter la pression à mesure que les impuretés s'accumulent c'est-à-dire dans la mesure exigée par l'accroissement de la résistance.

Les filtres ont en général 31 cadres.

Filtre Müller (1889).— Le filtre Müller représenté fig. 55 et 56 se fait en 20 et 40 mètres carrés de surface filtrante.

Il se compose essentiellement : 1° d'une caisse ou coffre dont le bord supérieur est rectangulaire et dont le fond légèrement incliné est cylindrique ; 2° d'une ou deux batteries filtrantes formées d'un assemblage de sacs ; 3° d'un couvercle à charnière muni d'un contre-poids pour qu'il soit plus facile à soulever ; 4° d'un agitateur dans le fond.

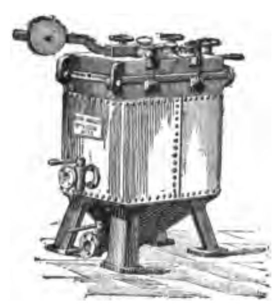


Fig. 55.

Le bord supérieur de la caisse et le bord du couvercle constituent des cadres pareils à ceux des filtres-presses. Le bord de la caisse est garni aux angles et au milieu de petites chevilles auxquelles correspondent des ouvertures dans le tissu filtrant.

Pour préparer l'appareil au fonctionnement, il suffit de placer la toile filtrante sur le cadre, au bord de la caisse, de manière à engager les chevilles dans les ouvertures. La toile reste dès lors suspendue et la série de sacs qu'on désigne sous le nom de batterie filtrante pend dans la caisse de haut en bas. Quand on rabat le couvercle, il pince la toile entre son bord et celui de la caisse. La toile intercalaire forme joint après serrage.

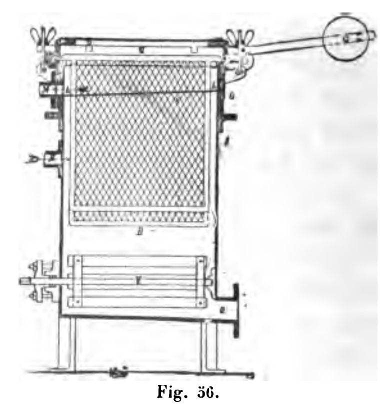


Fig. 56.

Le liquide filtré se loge entre le couvercle et la toile à l'intérieur des sacs, tandis que le liquide à filtrer se loge entre l'extérieur des sacs et le fond de la caisse.

Le filtre Müller fonctionne de la manière suivante.

Le jus trouble entre par le milieu, les impuretés restent au fond et peuvent être extraites par le fond au moyen de l'agitateur. La partie liquide traverse les parois des sacs main-

tenues écartées par un treillis métallique posé dans chaque sac. Le jus monte à l'intérieur des sacs et se rend dans l'espace compris entre la toile qui unit les sacs par leur orifice et entre le couvercle. Il rencontre une rigole et se déverse de là dans le tuyau de sortie adapté à la partie supérieure de la caisse.

L'appareil Müller peut filtrer 34 hectolitres par mètre carré et par jour.

Filtre Bontemps (1890). — Ce filtre présente quelques particularités. Dans ce filtre, contrairement à ce qui s'opère dans tous ceux que nous venons de décrire, la sortie du liquide filtré se fait par la partie inférieure des poches. Celles-ci sont, à cet effet, montées sur un cadre ou tube perforé portant au milieu de la traverse supérieure une tubulure qui, traversant le sac, vient s'emboîter dans une partie ménagée dans la paroi d'un large tube collecteur placé au bas de la cuve dont la forme rappelle celle du Kasalowski et qui est fermée comme elle par un couvercle à contre-poids. Les poches étant placées perpendiculairement au tuyau collecteur du liquide filtré sont fermées à la partie supérieure par un serrage entre des barres en bois mobiles autour d'un axe. Le serrage se fait à l'extérieur à l'aide d'une vis.

Filtre Villette. — Dans un bac en tôle à fond concave et incliné fermé par un couvercle à charnière, se trouvent en nombre quelconque des cadres ou sacs rectangulaires, servant à la filtration. Ces cadres ont 0,70×0,70 représentant 1 mètre carré de surface filtrante par sac et sont au nombre de 20 par filtre (fig. 57).

L'armature de chaque sac se compose d'un cadre en fer mince sur les deux faces duquel on fixe une toile métallique à larges mailles. Entre ces deux toiles mécaniques se placent, de distance en distance, de petites entretoises afin que ces toiles ne puissent se rapprocher par la pression du liquide. Le cadre est ainsi creux sur toute son étendue et reçoit par toute sa surface le jus qui s'est filtré à travers les tissus. Le cadre porte à un angle supérieur une pièce creuse en forme de tubulure par laquelle s'écoule de l'intérieur du cadre, le liquide filtré.

L'armature ainsi disposée est introduite dans un sac formé du tissu filtrant cousu sur trois côtés, et ouvert par le haut pour l'introduction de cette armature. Le sac est fermé à la partie supérieure au moyen d'un petit chapeau ou tringle en fer, soit demi-rond, soit plat, selon que le cadre est fait en fer rond ou plat. Ce chapeau est serré au moyen d'écrous à oreilles

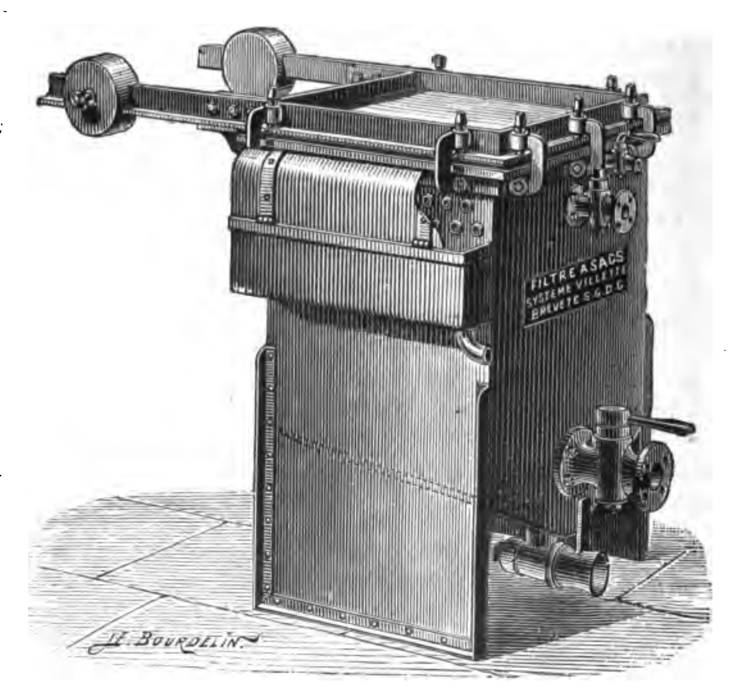


Fig. 57.

vissés sur des goujons fixés à la partie supérieure du cadre. On n'a alors, pour faire le joint, qu'à rabattre, l'un sur l'autre, les deux bords supérieurs du sac, à mettre le chapeau ou tringle de fer par dessus et à faire avec une ficelle deux petites ligatures l'une autour de la tubulure d'évacuation du liquide filtré, l'autre à la prolongation de la barre supérieure du cadre.

L'appareil garni de ses sacs filtrants est fermé au moyen d'un couvercle à contrepoids par des boulons à charnières. Un robinet placé au fond sert à évacuer les boues. Le robinet

d'entrée du liquide à filtrer se trouve au-dessus du plan incliné, au milieu de la paroi verticale du bac.

Filtre Mariolle-Pinguet. — Ce filtre comporte une série de cadres en bois semblables à ceux des osmogènes et de toiles filtrantes interposées, dont l'ensemble est fortement pressé entre deux plateaux de tête. Il fonctionne à la façon des filtres-presses, c'est-à-dire que par des trous percés dans l'épaisseur des traverses et communiquant avec un conduit général, les cadres placés de deux en deux reçoivent le liquide à filtrer qui traverse les toiles convenablement soutenues et passe, filtré, dans la dernière série d'où il sort, par d'autres trous pratiqués de la même façon et qui font communiquer l'intérieur de chacun des cadres de cette deuxième série, avec un collecteur général du liquide filtré.

Filtre Philippe (1890). — Ils se compose d'une cuve métallique A, fermée à sa partie supérieure par un couvercle fixe B dans lequel sont ménagées une série de fentes parallèles longues et étroites. Chaque ouverture correspond à un élément filtrant. Ceux-ci sont composés d'une poche plate D, sorte de sac en tissu approprié au liquide à filtrer portant à sa partie ouverte un bourrelet F en coton, caoutchouc, corde, etc. Ce bourrelet déborde aux extrémités du sac, pour former deux oreilles destinées à l'enlèvement facile des poches, et, aussi, pour assurer la parfaite étanchéité du joint aux extrémités des fentes (fig. 58).

Dans cette poche se place un cadre métallique E ayant pour but d'assurer l'écartement des parois de la poche pour livrer passage au liquide filtré. Chaque élément pend verticalement dans la cuve, par les ouvertures C et est maintenu en place par le bourrelet de la poche. Sur ce bourrelet se place une pièce mobile G, dite chapeau, dont une des extrémités porte une conduite I débouchant dans une nochère collectrice K.

Chaque chapeau G est maintenu en place à l'aide de boulons qui, par l'intermédiaire de traverses H, s'appuyant sur deux chapeaux à la fois, font pression sur le bourrelet et forment ainsi un joint parfait entre les poches et les chapeaux.

Le liquide à filtrer arrive par la soupape d'entrée, traverse

les tissus, monte dans l'intérieur des poches, pénètre dans les chapeaux et s'écoule extérieurement dans la nochère.

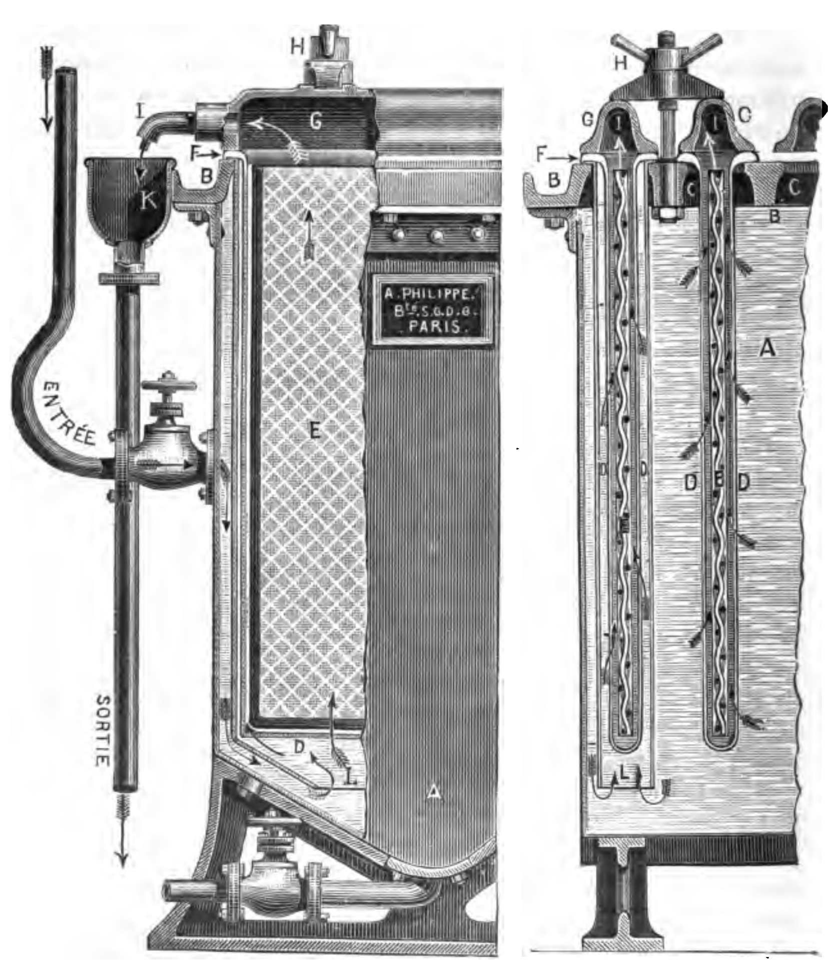


Fig. 58.

Toutes les pièces mobiles du filtre sont interchangeables, ce qui facilite beaucoup les installations; les manœuvres nécessitées sont courtes et leur conduite peut être confiée à un ouvrier quelconque.

Filtre de la Société anonyme des constructions mécaniques (1892). — Ce filtre est clos et à sacs et comprend 11, 15, 21, 31 et 41 cadres. La filtration s'opère de l'extérieur à l'intérieur des sacs, sous une faible pression. Le joint du cadre se fait par une rondelle en caoutchouc comprimé et par le serrage rapide d'un joint excentré (fig. 59).

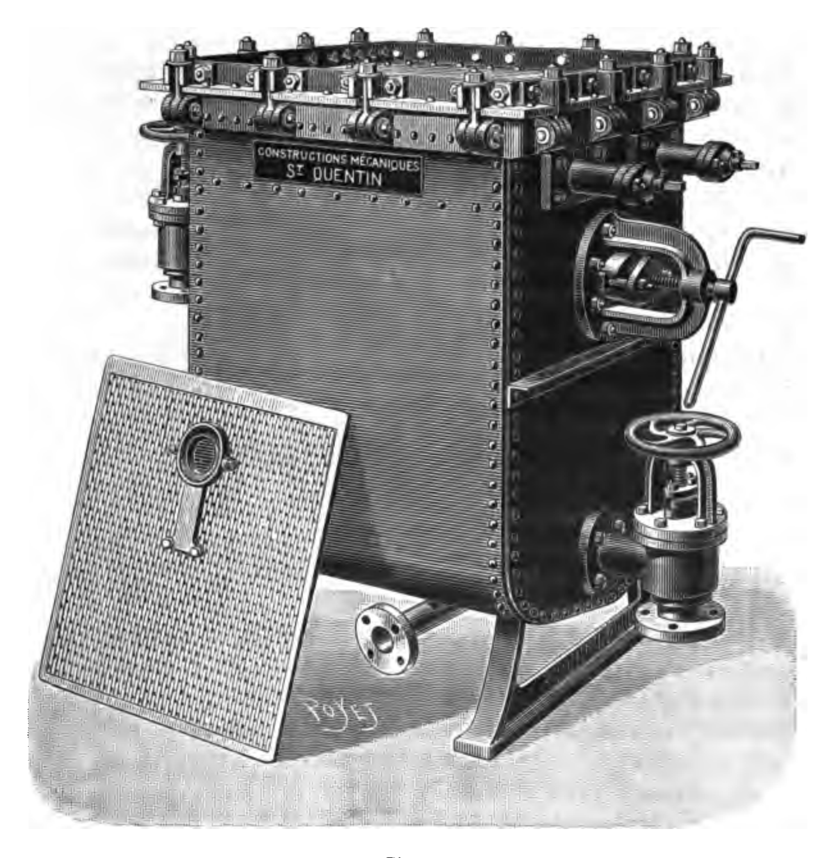


Fig. 59.

Filtre Claritas. — Ce filtre travaille avec une pression très réduite. Il se compose d'un réservoir divisé en 3 ou 5 compartiments, par des tôles transversales ou longitudinales. Dans le compartiment intermédiaire se trouve le dispositif de réglage

qui est formé d'un tube vertical muni d'une valve papillon qui est actionnée par un flotteur au moyen d'un levier. Le liquide à filtrer entre par ce tube et le flotteur ouvre et ferme la soupape selon le niveau du liquide. Le liquide n'arrive donc qu'à partir d'une hauteur donnée, et le niveau reste ainsi constant. La hauteur du jus au-dessus des tuyaux d'écoulement des cadres est de 10 à 25 centimètres. Le liquide entre par suite très doucement. Les compartiments de filtration sont à fond incliné pour faciliter l'enlèvement des boues. Les cadres de filtration sont formés d'un tube fendu par en dessous disposé dans les compartiments de filtration. Des baguettes de fer rivées dans le cadre le complètent.

Le liquide à clarifier entre par le tube vertical, passe par la valve papillon et entre par en dessous dans les compartiments de filtration, traverse les toiles qui recouvrent les cadres, entre dans les fentes des tubes d'écoulement et s'écoule dans les rigoles extérieures.

Chaque cadre a une surface de 1 mètre carré. Un filtre ayant 55 à 60 cadres peut servir pour 250 tonnes de betteraves par jour. Ce filtre peut aussi remplacer les filtres-presses de deuxième carbonatation.

Filtre Bride et Lachaume. — Ce filtre dénommé aussi filtre *escargot* se compose d'une poche en forme de sac sans fond, en tissu de coton ou autre matière sans couture sur les côtés et rétrécie à une extrémité pour faciliter la ligature et d'une ossature flexible à claire-voie destinée à séparer les parois opposées de la poche filtrante et les spires de l'escargot qui constituent chaque élément filtrant. Pour former un élément filtrant on enroule simplement la poche en tissu filtrant à plat en forme d'escargot, en même temps qu'un grillage métallique flexible sur lequel elle repose. Il résulte de cette disposition, représentée fig. 60, que le liquide à filtrer qui pénètre dans l'intérieur de la poche, filtre à travers le tissu et trouve son écoulement dans l'épaisseur des mailles du grillage métallique.

Chaque élément filtrant a un diamètre de 0 m. 35 à 0 m. 60 de largeur. La surface filtrante est de 6 mètres carrés. Le poids de l'élément est de 18 kilogs. La filtration se fait de l'intérieur à

l'extérieur. Dans un bac rectangulaire de 1 m. 80 de longueur, 0 m. 75 de largeur et 0 m. 55 de hauteur, on peut disposer 36 mètres carrés de surface filtrante. Ce filtre sert également à la filtration des sirops.

La durée de marche d'un filtre à jus dépend de la perfection de la filtration aux filtres-presse de IIe. Les toiles doivent être changées lorsque le débit commence à baisser. On vide alors le filtre et on envoie le jus dans le bac à jus trouble de la première carbonatation, puis on change les toiles et on les brosse après les avoir lavées.

De ce fait on perd un peu de sucre. Pellet évalue la perte en sucre à 250-300 grammes de sucre par toile de 1 mètre carré.

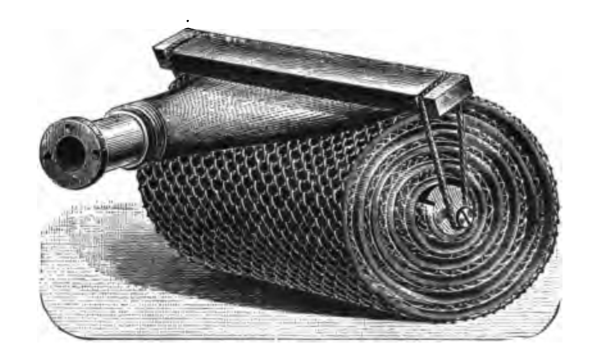


Fig. 60

Cette perte correspond à environ 0.01 0/0 de la betterave et varie avec les dimensions des filtres, le nombre de toiles, la densité du jus, etc.

4. — Autres procédés d'épuration

On a essayé un grand nombre d'agents pour l'épuration directe des jus, mais beaucoup de ces procédés, pour ne pas dire la plupart, sont restés inappliqués.

Cependant, parmi les autres quelques-uns sont dignes de retenir l'attention et l'avenir dira si les espérances qu'ils ont données étaient fondées. Nous passerons donc en revue les principaux de ces procédés.

A. — Procédés Verley.

Ce procédé est basé sur l'emploi de l'ozone. Verley est l'auteur de ce procédé d'épuration dont les essais ont été faits pendant les deux dernières campagnes à la sucrerie de Noyon. Ce procédé n'a été rendu véritablement pratique que par la découverte de la production économique de l'ozone au moyen des appareils Verley, qui sont appliqués depuis quelque temps à la reproduction artificielle de la vanilline, de l'aubépine et de l'héliotropine et qui permettent d'obtenir de l'oxygène renfermant au maximum 10 p. 100 d'ozone. L'appareil producteur d'ozone se compose d'une plaque d'ardoise sur laquelle on a fixé une plaque d'aluminium bien polie. La table ainsi formée est placée sur des supports isolants. Au centre de la plaque se trouve une ouverture par laquelle on aspire l'ozone. — La plaque d'aluminium est garnie de barrettes de verre de 3 à 4 millimètres d'épaisseur qui forment un cadre à la plaque d'aluminium sauf à l'un des angles. D'autres barrettes forment des canaux dans lesquels le gaz (air) circule avant de sortir par le trou central. La plaque d'aluminium est recouverte d'une glace de verre argentée et étamée sur la face opposée à celle qui regarde la plaque. La plaque d'aluminium et la partie supérieure de la glace de verre sont reliées avec les pôles d'un transformateur à haute tension traversé par un courant alternatif. Il se produit une effluve. L'aspiration que l'on provoque en même temps permet de recueillir l'air ozonisé. Il est nécessaire, pour obtenir un bon rendement en ozone, que l'appareil soit aussi froid que possible, et la température de zéro est très favorable.

Voici comment l'ozone était appliquée à la sucrerie de Noyon. L'installation se composait d'une machine de 100 chevaux et d'un alternateur donnant un courant de 300 ampères $\times$ 250 volts = 75.000 watts. Ce courant actionnait 10 transformateurs qui donnaient un courant secondaire de 12.000 volts. Chaque transformateur commandait 10 ozoneurs.

L'installation comprenait par conséquent 100 ozoneurs réunis à un collecteur en plomb par des tubes de verre. A la sortie de ces appareils, l'air ozonisé passe dans une colonne

qui retient les vapeurs nitreuses. Après avoir circulé dans cette colonne, le gaz se rend dans les chaudières à épurer le jus, munies d'agitateurs mécaniques, de façon qu'il y ait émulsion du liquide avec l'ozone. Après avoir agi dans une première cuve le gaz passe dans une seconde, puis dans une troisième. La contenance de ces chaudières est de 78 hectolitres. Après la troisième cuve une pompe sèche de 800 mètres cubes à l'heure aspire les gaz et permet d'en régler l'écoulement.

L'épuration se fait de la manière suivante : On met dans chaque chaudière 40 hectolitres de sirop à 20-25° Bé, refroidi à 20° C, et ayant une alcalinité de 1 gr. — 0 gr. 5 CaO par litre. La coloration augmente d'abord, puis l'alcalinité diminue et au bout d'une heure et demie l'ozone n'est plus entièrement absorbé et passe dans la deuxième cuve. La coloration disparaît et lorsqu'elle est la même que celle du sirop initial on arrête l'admission de l'ozone. On sature ensuite par l'acide sulfureux jusqu'à 1 gr. 5 — 2 gr. SO^2 par litre. On neutralise à froid par la baryte jusqu'à l'alcalinité de 0 gr. 3—0 gr. 5 par litre. On chauffe à 80° et on filtre dans un filtre Johnson pour éliminer le sulfate de baryte.

Il résulte des expertises de Dupont, Sachs, Newlands, Lings, Huck, Andrlik, que dans ce traitement le sucre n'est pas attaqué par l'ozone, que la pureté est augmentée en général de 1 à 2°, que le goût âcre est remplacé par une saveur plus douce. Le sirop est plus brillant, plus fluide. La cuite voit sa durée diminuée. Le non sucre est éliminé à raison de 50 p. 100 et la quantité de mélasse est diminuée.

La force motrice nécessaire est d'un demi-cheval par tonne de betterave et la dépense de 50 centimes, d'après l'auteur du procédé.

B. — Défécation Wackernie.

Des expériences très intéressantes ont été faites pendant la campagne dernière sur un nouveau procédé d'épuration des jus sucrés, basé sur la défécation à froid dans de nouvelles conditions. La suite des opérations est la suivante, d'après Barbet : 1° On ajoute du sulfate de zinc $ZnSO^4$ au jus brut de diffusion, à raison de 0 gr. 5 par litre. Ce sel précipite les ma-

tières albuminoïdes, les mousses et les matières visqueuses. 2° On ajoute de l'hydrate de baryte, dont la quantité est de 0 gr.6 par litre. La baryte précipite les sulfates, et l'excès d'oxyde de zinc. 3° On alcalinise par 12 centimètres cubes de lait de chaux à 22° Bé, par litre de jus et on introduit en même temps 40 grammes d'écumes de saturation qui ont pour but de faciliter la filtration. Les écumes agissent comme corps inerte. 4° On filtre. Ces opérations se font à froid, c'est-à-dire à la température ordinaire. 5° On carbonate sans élever la température, le jus filtré, après y avoir ajouté 5 p. 100 de lait de chaux et avoir agité pour faciliter la dissolution de la chaux. On arrête la saturation lorsque l'alcalinité est de 1 gramme CaO par litre. On fait la deuxième carbonatation dans les conditions habituelles avec 3 0/0 de lait de chaux. Le quantité totale de chaux employée s'élève en chaux réelle à 1,93 p. 100 de betterave, au lieu de 4 à 4,2 pour le travail ordinaire. On a reconnu par plusieurs essais que la pureté avait augmenté par rapport à l'épuration ordinaire et que le coefficient salin s'était également élevé de 0,8.

C. — Procede d'electrolyse Schollmeyer-Huber.

Ce procédé a été étudié par Baudry et appliqué par lui en Russie. Il est basé sur la propriété du courant électrique de dissocier les sels minéraux dissous et de précipiter les matières organiques sur une des anodes.

L'installation du procédé comporte :

1° Une dynamo et ses accessoires (appareil de mesure, coupe-circuits, rhéostats, etc.);

2° Un bac électrolyseur de forme rectangulaire contenant des électrodes en zinc généralement montées en quantité, reliées aux bornes de la dynamo au moyen de conducteurs en cuivre.

La dynamo est du genre de celles employées en galvanoplastie; son enroulement est donc fait en gros fil afin d'obtenir une force électro-motrice faible et une intensité considérable. On sait, en effet, que Faraday a prouvé que la quantité d'électrolyte décomposée est en rapport direct avec l'intensité du courant. Ce genre de dynamo exige des conducteurs à grande

section et par suite coûteux; cependant on peut en diminuer la valeur en montant les électrodes en série et en se servant de dynamos à haut voltage.

La méthode de travail employée dans les fabriques de Stepanofka et de Voronovitsa est la suivante :

Les jus de diffusion à leur sortie des bacs mesureurs, passent à travers un épulpeur, sont ensuite additionnés d'environ 2 gr. 5 de chaux par litre et arrivent dans des réchauffeurs où ils sont portés à la température de 75°-80° C. Sous l'influence de la chaux et de la chaleur il se forme une véritable défécation, et c'est à cet état que les jus arrivent dans le bac électrolyseur.

L'électrolyse a lieu aussitôt; le dégagement des gaz hydrogène, oxygène et carbonique amène la formation d'une mousse qui devient de plus en plus épaisse et un dépôt visqueux sur les cathodes et qui ne tarderait pas à présenter une grande résistance au passage du courant si l'on n'avait pas le soin de détacher ce dépôt en renversant le sens du courant de temps en temps au moyen d'un commutateur spécial placé près des appareils de mesure. Lorsque ceux-ci indiquent une force électromotrice trop grande et une diminution dans l'intensité, l'ouvrier est averti qu'il doit changer le sens du courant; la cathode devenant anode et réciproquement, le dépôt visqueux se détache presque complètement et tombe au fond du bac électrolyseur.

Le jus déféqué, qui était rouge noirâtre lors de son entrée dans le bac électrolyseur, en sort au bout de 15 à 20 minutes avec une belle couleur jaunâtre très claire (après avoir perdu 60 à 70 p. 100 de sa coloration primitive) pour se rendre à la première carbonatation.

C'est à partir de cette station que l'effet de l'électrolyse se manifeste clairement. La quantité de chaux employée ordinairement peut être, d'après Baudry, diminuée de 45 à 50 p. 100, sans aucun préjudice pour la qualité du travail, bien au contraire. La durée de la carbonatation se trouvant considérablement diminuée, on peut sans peine augmenter de 25 à 30 p. 100 la puissance de travail de ce poste. La production de mousses est très faible, et le poids de graisse destinée à les abattre peut être réduit de 60 à 70 p. 100.

Le travail des filtres-presses devient bien plus rapide et plus économique, puisque l'on produit 20 à 25 p. 100 de boues en moins qu'auparavant, qu'il faut moins de toiles, moins d'eau de lavage, et que la perte en sucre dans les boues se trouve ainsi réduite avec la quantité de celles-ci. L'évaporation ultérieure du jus est plus facile, grâce à sa très grande fluidité et à l'absence de mousses; il en résulte que la masse cuite est plus sèche, plus facile à turbiner et aussi moins colorée.

Ces résultats sont dus uniquement à l'électrolyse et non au réchauffage préalable des jus en présence de la chaux, comme on pourrait l'objecter, car chaque fois que la dynamo fut arrêtée, la quantité de chaux à employer dut être de suite doublée, quoique toutes les conditions de travail fussent restées les mêmes.

D. — Procédé électrilytique Charitonenko et Baudry

Ce procédé est applicable aux jus bruts de diffusion. Baudry décrit le procédé dans les termes suivants :

Le traitement consiste à réchauffer rapidement le jus de diffusion à 80° C., à le refroidir ensuite jusqu'à 45° C. et à l'envoyer dans un mélangeur, après l'avoir additionné d'une petite quantité de chaux (ou de baryte), *juste en quantité suffisante* pour amener une bonne décantation, et pouvoir ensuite recueillir facilement le jus clair. Quant au dépôt boueux, il est débarrassé du jus qu'il retient au moyen de séparateurs centrifuges ou de tout autre procédé convenable. Les liquides clairs sont tous réunis dans un même bac, et traités par l'électrolyse, en *compartiment positif* au moyen d'anodes solubles, les cathodes plongeant dans l'eau des compartiments négatifs. Pour faciliter la décomposition électrolytique, il est bon d'alcaliniser cette eau au début de l'opération et de munir tous les compartiments du bac électrolyseur de tuyaux, dans lesquels on peut faire circuler de la vapeur, dans le but de maintenir les *électrolytes* à une température de 70° C. environ. On peut naturellement électrolyser le jus trouble et séparer ensuite le dépôt (soit par carbonatation, soit mécaniquement), mais, dans ce cas, il est impossible de maintenir pendant l'électrolysation une température supérieure à 45-50° C., pour

ne pas faire rentrer en dissolution une partie du précipité, ce que l'on n'a plus à craindre lorsqu'on opère sur le jus clair.

On a aussi remarqué qu'il était plus avantageux de ne pas électrolyser le jus renfermant encore de la chaux combinée au sucre ou aux acides organiques, car outre que cette chaux est beaucoup plus difficilement éliminable par l'électrolyse que les bases alcalines (potasse et soude), elle a l'inconvénient de se déposer (à l'état d'organates et de carbonate de chaux) sur les électrodes, sous forme d'un léger enduit, qui gêne le passage du courant, malgré qu'on emploie des électrodes rondes et qu'on les fait tourner lentement entre des frottoirs en caoutchouc, dans le but de les tenir en état de propreté et d'éviter autant que possible leur polarisation. Pour se débarrasser de la chaux, l'anhydride sulfureux a donné les meilleurs résultats. On met ainsi en liberté les acides organiques qui pouvaient se trouver combinés à la chaux et ceux-ci, en se recombinant à la potasse et à la soude, que contiennent normalement les jus de betteraves donnent de nouveaux composés beaucoup plus facilement électrolysables, et, en même temps, on transforme la potasse et la soude en sulfites neutres, qui deviendront ensuite sulfates neutres pendant le traitement électrolytique. Dans ces conditions, on n'a à craindre aucune altération du sucre, puisque les acides et l'oxygène,qui se portent à l'*anode*, sont continuellement saturés par le métal mis en liberté en quantité précisément équivalente.

Par cette première opération on éliminera non seulement presque tout le *non-sucre électro-positif* (potasse, soude, magnésie, ammoniaque, amines, etc.), mais encore une certaine fraction du *non-sucre électro-négatif* (acides minéraux et organiques, etc.), *par précipitation* avec le métal de l'anode.

Cette épuration préliminaire une fois atteinte, il ne faut plus songer à avoir encore recours à l'électrolyse seule pour se débarrasser de ce non-sucre électro-négatif restant, qui exige pour sa dissociation une quantité d'énergie électrique beaucoup trop considérable pour permettre au procédé de devenir industriel.

C'est alors que les auteurs ont pensé à utiliser un agent puissant, l'anhydride sulfureux, pour décomposer économiquement ce non-sucre et mettre en liberté les acides organiques

qu'on élimine ensuite facilement par le courant électrique. On opère de la façon suivante : Le jus concentré (sirop) est refroidi vers 40° C. et traité par le gaz sulfureux jusqu'à ce que les acides organiques soient devenus libres et qu'il y ait même un peu d'acide sulfureux libre, et enfin électrolysé en compartiment négatif. Les anodes sont plongées dans l'eau des compartiments positifs, qu'on a eu soin d'aciduler au début pour activer la décomposition électrolytique. On peut employer ici indifféremment des anodes solubles ou insolubles (par exemple des disques de charbon ou de cuivre platiné), puisqu'elles ne se trouvent plus en contact avec le liquide sucré, comme dans la première électrolyse préliminaire et qu'il n'y a plus à craindre l'action de l'oxygène sur le sucre. On emploie aussi des anodes en plomb ou en étain et les acides sulfureux et organiques qui passent dans les compartiments à eau (positif), en quantité chimiquement équivalente au plomb mis en liberté, précipitent ce métal, qui ne passe plus ou presque plus dans le compartiment à jus, dans lequel plonge la cathode.

Comme pendant l'électrolysation l'acide sulfureux s'élimine rapidement, on fait arriver un lent courant d'acide sulfureux pour maintenir acide le jus concentré et on cesse cette arrivée de gaz, quand on suppose que presque tous les acides organiques électrolysables ont été éliminés.

Pendant cette électrolysation, on n'a pas dépassé la température de 40° C. tant pour éviter *au début* de l'opération l'action énergique de l'acide sulfureux aux températures élevées, que pour permettre au petit excès d'acide sulfureux de se combiner à l'*hydrogène* dégagé à la cathode pour donner naissance à un nouveau composé, doué d'un grand pouvoir décolorant, l'acide hydrosulfureux. On obtient ainsi non seulement une épuration réelle par suite de l'élimination des impuretés électro-négatives, mais encore une décoloration et une fluidification.

Après avoir cessé l'arrivée du gaz sulfureux dans le jus concentré, on continue l'électrolyse pendant quelque temps pour éliminer l'acide sulfureux et ses dérivés, et on élève en même temps la température du sirop dans le but de favoriser la décomposition électrolytique. Il est préférable cependant de terminer cette dernière partie de l'électrolysation dans un bac

spécial, afin de rendre toutes les opérations continues et méthodiques. Le sirop dont la température est d'environ 40° C., et qui renferme encore de l'acide hydrosulfureux, est envoyé dans un bac spécial où il est électrolysé à une température de 65-75° C., sans *aucune crainte d'amener une altération quelconque du sucre*, vu que cet acide hydrosulfureux n'a aucun pouvoir inversif à cette température, et, d'ailleurs, il ne tarde pas à se décomposer, car il est très instable à une température supérieure à celle de 40° C.

Pour ce traitement *complémentaire*, on utilise le phénomène de l'*électrolyse secondaire*, ce qui permet d'éliminer en même temps les impuretés électro-négatives et électro-positives.

Lorsqu'on ne vise pas à obtenir une épuration très profonde, on supprime la première phase du traitement électrolytique en compartiment positif, pour ne conserver que l'électrolyse du sirop acide, qui est de beaucoup la plus importante.

E. — Procédé Say-Gramme

Le procédé Say-Gramme est un perfectionnement du procédé d'électrolyse de Javaux,Gallois et Dupont. Il est basé sur l'épuration du jus par l'électrolyse. D'après un brevet pris par la raffinerie Say en 1896, les jus seraient additionnés d'un sel soluble ($NaCl$) formant avec le plomb des composés insolubles ou très peu solubles, de façon à ce que l'anode en plomb reste propre. Ces anodes ont une forme ondulée ou plane et le liquide subit un mouvement à leur contact. Dans d'autres brevets on a breveté le fer et l'aluminium pour la constitution des anodes.

Dans le procédé primitif, l'électrolyse était combinée à l'osmose, afin que les sels puissent diffuser et ne puissent se reconstituer après le passage du courant.

Le procédé actuel Say-Gramme est tenu secret et on ne sait rien des résultats qu'il donne. Son application se fait courammen sur le jus de canne dans une usine égyptienne.

F. — Procédé Hignette

Le procédé Hignette ou de carbonatation centrifuge a pour but de supprimer les chaudières à carbonater et d'effectuer la

carbonation dans des turbines. Bien que ce procédé n'ait pas encore été appliqué d'une manière complète au travail de toute la production en jus d'une sucrerie, il a cependant été l'objet d'études et d'essais suffisamment industriels pour qu'une description en soit donnée ici.

Le jus qui est destiné à subir l'épuration centrifuge est additionné d'une quantité de chaux telle qu'après mélange intime et après un essai de filtration, il y ait en dissolution dans le jus 3 grammes de chaux par litre. La température est de 25 à 30°, c'est celle que le jus possède à la sortie de la batterie de diffusion.

La turbine, qui est destinée à séparer le dépôt, est une petite écrémeuse d'un diamètre de 620, faisant 2.700 tours et traitant 18 hectolitres de jus additionné de la quantité de chaux que nous avons indiquée.

L'opération se fait dans les diverses phases suivantes :

1° La turbine, munie de cloisons pour que le liquide reste immobile pendant la rotation, est mise en marche à vide et atteint bientôt sa vitesse de régime;

2° On fait arriver le liquide déféqué comme nous l'avons indiqué plus haut et en même temps, par un tuyau spécial, on admet l'acide carbonique provenant du four à chaux. Ce gaz est aspiré naturellement. En même temps, on règle le bec d'emprise du liquide clair. Le gaz en excès s'engouffre en même temps que le liquide dans le bec d'emprise et émulsionne très fortement le jus ;

3° En même temps que le gaz carbonique agit dans le centrifuge, on constate un phénomène analogue à celui qui se produit avec les liquides. Ces derniers se classent par ordre de densité, les matières les plus lourdes vont se coller contre le tambour embouti en acier de la turbine et avec la vitesse considérable dont l'appareil est animé exercent une pression de 20 kil. par centimètre.

Les gaz se classent de la même façon : l'acide carbonique plus lourd vient s'appliquer sur la paroi interne du liquide, se dissout, tandis que le gaz moins riche en acide carbonique reste au centre, près de l'axe, à l'endroit où la vitesse est le plus réduite. On a pu constater expérimentalement qu'un gaz de four à chaux arrivant à 20 p. 100 CO^2 renferme 26 p. 100 à la sortie.

4° Le turbinage et la carbonatation sont continus dans les essais faits à Douai, le jus sort un peu trouble encore, on l'envoie dans la chaudière de 2° carbonatation. Mais pendant la carbonatation centrifuge, il est nécessaire de surveiller l'action du gaz carbonique. On arrive facilement à régler l'arrivée de ce gaz et par des essais d'alcalinités faits de temps en temps on obtient un jus carbonaté qui, filtré, renferme en moyenne 1 gramme CaO par litre, c'est-à-dire l'alcalinité d'un jus de 1re carbonatation.

5° La 2e carbonatation s'opère dans une chaudière identique à celles de 1re carbonatation et se fait de la même façon que dans le travail ordinaire de sucrerie avec 2 p. 100 CaO. On carbonate soit à fond, soit en laissant une légère alcalinité.

6° Après l'arrêt de la turbine, le dépôt est compact, dur et renferme de 45 à 50 p. 100 d'eau, plus si le jus est impur. En marche normale de sucrerie, le travail est continu et l'extraction des écumes se fait automatiquement sans arrêt de la turbine.

CHAPITRE IV

EVAPORATION

1. — Généralités

Dans le chapitre de l'évaporation, nous n'envisagerons que la transformation du jus en sirop, c'est-à-dire sa concentration depuis la densité de 1.045 à 1.055 jusqu'à celle de 1.250 à 1.300. Le complément de l'évaporation étant réservé à la cuite.

Le jus, au moment où il arrive à l'évaporation, est dilué et il se compose des éléments suivants :

Jus de diffusion	120
Eau du lait de chaux . . . . , . . .	10
Petites eaux de dégraissage de filtres. .	10
	140

Soit 140 litres à évaporer pour 100 kilos de betteraves.

Ce volume peut varier de 110 à 160 suivant les usines.

Il est nécessaire ici de donner quelques indications théoriques qui aideront à comprendre le fonctionnement des appareils à effet multiple.

L'eau entre en ébullition à 100° sous la pression barométrique de 760. Pour être portée à cette température, elle exige 100 calories, c'est-à-dire la quantité de chaleur qui est nécessaire pour élever de un degré la température de 1 kilogramme d'eau. Mais pour effectuer sa transformation intégrale en vapeur à la température de 100° et à la même pression de 760, chaque kilogramme d'eau exigera une quantité de chaleur r ou chaleur latente de vaporisation. Donc $\lambda = q + r$, λ étant la chaleur totale de vaporisation de t^0 à $t_1{}^0$.

D'après Regnault

$$\lambda = 606.5 + 0.305\, t.$$

Soit pour 100°, 637 calories, ou 537 calories pour la chaleur latente de vaporisation.

La chaleur latente de vaporisation r se compose de la chaleur nécessaire au travail mécanique de la vaporisation ou chaleur latente intérieure ρ, plus la chaleur employée au travail extérieur de la vaporisation Apu

$$r = \rho + Apu \text{ et } \lambda = \rho + q + Apu$$

Le volume spécifique de l'eau ou le volume spécifique de 1 kilogramme d'eau est σ, et le volume spécifique de 1 kilogramme de vapeur d'eau saturée est V (en mètres cubes).

$$V = \frac{1}{\gamma} = u + \sigma$$

γ étant le poids spécifique de un mètre cube de vapeur.

Ces données résultent de la théorie mécanique de la chaleur.

Nous complétons par quelques formules pour le chauffage.

Ayant P kilos d'eau à t^o, pour les chauffer à t^o_1 il faut employer P_1 kilos de vapeur à t^o_2

$$P_1 = P \frac{t^o_1 - t^o}{t^o_2 - t^o_1}$$

Si l'on veut condenser à t^o_1 une quantité P de vapeur d'eau à 100°, il faut P_1 kilogrammes d'eau à t^o_2

$$P = P \frac{637 - t^o_1}{t^o - t^o_2}$$

On suppose que la condensation se fait au moyen d'un barboteur.

Si l'on mélange P kilogramme d'eau à t^o et P_1 kilogramme à t^o_1. La température finale est t^o_2 et le poids P t P_1

$$t^o_2 = \frac{P t^o + P_1 t^o_1}{P + P_1}$$

La condensation de P kilogramme de vapeur à 100° par P_1 kilogramme d'eau à $t_1{}^o$ donne une température finale de t^o_2

$$t^o_2 = \frac{637 P + P_1 t^o_1}{P + P_1}$$

On peut, sans erreur appréciable, dans l'évaporation des liquides sucrés, admettre que la chaleur spécifique du sirop est la même que celle de l'eau en tenant compte naturellement des matières solides dissoutes. Dans ce cas, la chaleur néces-

saire pour renforcer un poids donné d'eau d'un sirop sera la même que si l'on évaporait de l'eau seule.

La vapeur d'eau en se condensant soit dans un liquide, soit dans un serpentin, cède à ce liquide une partie de sa chaleur et reprend l'état liquide. Le liquide s'échauffe à son tour et si la température de la vapeur qui se condense est supérieure à 100°, le liquide entre en ébullition. L'ébullition se produira de même avec une vapeur dont la température sera inférieure à 100°, si au moyen d'un artifice on fait le vide au-dessus du liquide condensateur. A son tour, le liquide condensateur viendra échauffer et vaporiser un troisième liquide maintenu à une pression inférieure au second. Il en résulte que la vapeur agira trois fois, son effet sera triple et la chaleur contenue dans la vapeur du troisième liquide servira encore à angmenter la température d'un quatrième et ainsi de suite. On peut ainsi réaliser une économie considérable dans l'utilisation de la chaleur à effet multiple puisqu'on arrive aujourd'hui à évaporer à quintuple et à sextuple effet.

L'idée de cet emploi de la vapeur est due à Rillieux.

C'est dans toute sa simplicité la théorie du triple effet. Avant de passer à la description des appareils nous donnons quelques tables sur la solubilité du sucre et sur les calculs qu'on peut avoir à faire sur la solution et la concentration des liquides.

Densités des solutions sucrées suivant la température et la concentration, l'eau étant prise pour unité à 17°,5 (Gerlach)

Température C.	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	Pour cent															
0	1·0007	1·0210	1·0418	1·0636	1·0861	1·1094	1·1337	1·1586	1·1845	1·2113	1·2390	1·2676	1·2972	1·3276	1·3590	1·3916
5	1·0009	1·0210	1·0417	1·0632	1·0856	1·1089	1·1329	1·1577	1·1833	1·2098	1·2372	1·2657	1·2951	1·3255	1·3568	1·3892
10	1·0008	1.0208	1·0413	1·0627	1·0849	1·1079	1·1318	1·1565	1·1819	1·2082	1·2355	1·2638	1·2931	1·3233	1·3545	1·3869
15	1·0003	1·0202	1·0406	1·0619	1·0839	1·1067	1·1305	1·1550	1·1802	1·2065	1·2337	1·2619	1·2910	1·3211	1·3522	1·3845
17·5	1·0000	1·0197	1·0401	1·0613	1·0832	1·1060	1·1296	1·1540	1·1794	1·2056	1·2327	1·2609	1·2900	1·3200	1·3512	1·3833
20	0·9996	1·0191	1·0395	1·0606	1·0825	1·1052	1·1288	1·1532	1·1785	1·2046	1·2317	1·2599	1·2889	1·3189	1·3500	1·3822
25	0·9686	1·0179	1·0382	1·0592	1·0810	1·1036	1·1271	1·1514	1·1766	1·2026	1·2296	1·2578	1·2867	1·3166	1·3477	1·3798
30	0·9973	1·0166	1·0367	1·0576	1·0794	1·1018	1·1253	1·1495	1·1746	1·2005	1·2274	1·2555	1·2844	1·3142	1·3454	1·3773
35	0·9958	1·0150	1·0351	1·0560	1·0775	1·1000	1·1233	1·1474	1·1725	1·1982	1·2251	1·2531	1·2820	1·3117	1·3430	1·3748
40	0·9942	1·0133	1·0332	1·0540	1·0756	1·0978	1·1212	1·1452	1·1701	1·1958	1·2227	1·2507	1·2794	1·3091	1·3405	1·3722
45	0·9923	1·0113	1·0311	1·0519	1·0733	1·0956	1·1188	1·1428	1·1677	1·1938	1·2202	1·2481	1·2768	1·3065	1·3380	1·3695
50	0·9903	1·0092	1·0290	1·0496	1·0710	1·0932	1·1164	1·1403	1·1651	1·1907	1·2175	1·2454	1·2741	1·3038	1·3352	1·3667
55	0·9881	1·0069	1·0266	1·0472	1·0685	1·0907	1·1138	1·1378	1·1624	1·1879	1·2148	1·2426	1·2712	1·3010	1·3325	1·3639
60	0·9857	1·0044	1·0242	1·0448	1·0660	1·0881	1·1114	1·1351	1·1596	1·1851	1·2119	1·2397	1·2683	1·2982	1·3295	1·3610
65	0·9831	1·0018	1·0217	1·0421	1·0634	1·0854	1·1084	1·1324	1·1567	1·1822	1·2091	1·2367	1·2654	1·2953	1·3265	1·3580
70	0·9804	0·9992	1·0190	1·0393	1·0607	1·0827	1·1056	1·1295	1·1538	1·1792	1·2062	1·2337	1·2624	1·2923	1·3233	1·3550
75	0·9775	0·9964	1·0162	1·0365	1·0578	1·0798	1·1027	1·1265	1·1509	1·1761	1·2031	1·2307	1·2593	1·2893	1·3201	1·3520
80	0·9745	0·9935	1·0132	1·0336	1·0547	1·0768	1·0997	1·1234	1·1479	1·1729	1·2000	1·2276	1·2562	1·2862	1·3168	1·3488
85	0·9714	0·9905	1·0101	1·0305	1·0515	1·0736	1·0965	1·1202	1·1448	1·1696	1·1967	1·2246	1·2529	1·2829	1·3136	1·3456
90	0·9683	0·9872	1·0068	1·0272	1·0481	1·0701	1·0931	1·1169	1·1415	1·1664	1·1934	1·2213	1·2496	1·2796	1·3103	1·3423
95	0·9652	0·9838	1·0034	1·0237	1·0447	1·0668	1·0897	1·1135	1·1381	1·1630	1·1899	1·2179	1·2462	1·2763	1·3067	1·3390
00	0·9621	0·9804	0·9999	1·0202	1·0413	1·0634	1·0863	1·1099	1·1346	1·1597	1·1864	1·2145	1·2427	1·2728	1·3032	1·3356

Table de Herzfeld donnant la solubilité du sucre dans l'eau de 0° à 100 C.

Température	Sucre p. 100	Température	Sucre p. 100	Température	Sucre p. 100	Température	Sucre p. 100
0	64.18	25	67.89	50	72.25	75	77.27
1	64.31	26	68.05	51	72.44	76	77.48
2	64.45	27	68 21	52	72.63	77	77.70
3	64.59	28	68.37	53	72.82	78	77.92
4	64.73	29	68.53	54	73.01	79	78.14
5	64.87	30	68.70	55	73.20	80	78.36
6	65.01	31	68.87	56	73.39	81	78.58
7	65.15	32	69.04	57	73.58	82	78.80
8	65.29	33	69.21	58	73.78	83	79.02
9	65.43	34	69.38	59	73.98	84	79.24
10	65.58	35	69.55	60	74.18	85	79.46
11	65.73	36	69.72	61	74 38	86	79.69
12	65.88	37	69.89	62	74.58	87	79.92
13	66.03	38	70.06	63	74.78	88	80.15
14	66.18	39	70.24	64	74.98	89	80.38
15	66.33	40	70.42	65	75.18	90	80.61
16	66.48	41	70.60	66	75.38	91	80.84
17	66.63	42	70.78	67	75.59	92	81.07
18	66.78	43	70.96	68	75.80	93	81.30
19	66.93	44	71.14	69	76.01	94	81.53
20	67.09	45	71.32	70	76.22	95	81.77
21	67.25	46	71.50	71	76.43	96	82.01
22	67.41	47	71.68	72	76.64	97	82.25
23	67.57	48	71.87	73	76.85	98	82.49
24	67.73	49	72.06	74	77.06	99	82.73
						100	82.97

Points d'ébullition des solutions sucrées (Gerlach).

Brix	Point d'ébullition
10	100°,0 C
20	100°,6
30	101°,0
40	104°,5
60	103°,0
70	106°,5
79	112°,0
90.8	130°,0 C.

Points d'ébullition des solutions sucrées d'après Flourens.

Sucre 0/0	Point d'ébullition
69.1	105°
79.5	110°
85 3	115°
88.5	120°
91.2	125°
92.3	130°

Table donnant la réduction ou le volume V obtenu par évaporation d'un jus de densité donnée D. et par hectolitre.

Cette table est basée sur la formule $V = \frac{100\ (D' - 1)}{D - 1}$ Soit un hectolitre de jus à 1.05 de densité = D'.

Combien donnera-t-il de sirop à la densité D' = 1,300? La formule donne :

$$V = 100 \frac{D' - 1}{D - 1} = 100 \frac{1.05 - 1}{1.3 - 1} = \frac{100 \times 0.05}{0.3} = 16 \text{ litres } 66.$$

D = / Bé =	1160 / 20°.1	1170 / 21.1	1180 / 22.2	1190 / 23.2	1200 / 24.2	1210 / 25.1	1220 / 26.1	1230 / 27.1	1240 / 28.1	1250 / 28.8	1260 / 29.7	1270 / 30.8	1280 / 31.7	1290 / 32.5	1300 / 33.4	1310 / 34.2	1320 / 35.1	1330 / 36.0	1340 / 36.7
D' = 100.5	3.125	2.94	2.777	2.63	2.5	2.38	2.27	2.17	2.08	2	1.92	1.85	1.785	1.72	1.666	1.61	1.56	1.51	1.47
1.0	6.25	5.88	5.556	5.26	5.0	4.76	4.54	4.35	4.17	4	3.85	3.70	3.57	3.45	3.333	3.22	3.12	3.03	2.94
1.5	9.38	8.82	8.33	7.89	7.5	7.14	6.82	6.52	6.25	6	5.77	5.56	5.36	5.17	5	4.84	4.69	4.54	4.41
2.0	12.5	11.77	11.12	10.53	10	9.52	9.09	8.69	8.33	8	7.69	7.41	7.14	6.90	6.66	6.45	6.25	6.06	5.88
2.5	15.62	14.7	13.88	13.16	12.5	11.9	11.36	10.87	10.42	10	9.61	9.26	8.93	8.62	8.33	8.06	7.81	7.57	7.35
3.0	18.75	17.65	16.67	15.79	15.0	14.3	13.63	13.04	12.5	12	11.51	11.12	10.72	10.34	10	9.68	9.38	9.09	8.83
3.5	21.85	20.6	19.45	18.41	17.5	16.65	15.90	15.21	14.58	14	13.46	12.97	12.50	12.07	11.16	11.28	10.93	10.60	10.29
4.0	25	23.5	22.2	21.05	20	19.03	18.17	17.38	16.67	16	15.38	14.81	14.28	13.78	13.33	12.90	12.50	12.12	11.77
4.5	28.1	26.5	25.0	23.68	22.5	21.43	20.45	19.57	18.75	18	17.3	16.67	16.07	15.51	15	14.52	14.07	13.64	13.23
5.0	31.25	29.4	27.8	26.30	25	23.80	22.73	21.74	20.83	20	19.23	18.52	17.85	17.23	16.66	16.1	15.62	15.15	14.71
5.5	34.35	32.3	30.5	28.93	27.5	26.18	5	23.91	22.92	22	21.15	20.36	19.63	18.95	18.33	17.73	17.18	16.67	16.17
6.0	37.5	35.3	33.33	31.55	30	28.55	27.25	26.08	25	24	23.07	22.23	21.42	20.67	20	19.35	18.75	18.18	17.63
6.5	40.6	38.2	36.1	34.20	32.5	30.95	29.54	28.25	27.08	26	25	24.08	23.10	22.40	21.67	20.96	20.31	19.70	19.12
7.0	43.75	41.15	38.9	36.83	35	33.35	31.8	30.41	29.15	28	26.9	25.91	24.99	24.12	23.33	22.58	21.86	21.21	20.58
7.5	46.85	44.1	41.65	39.48	37.5	35.73	34.1	32.6	31.24	30	28.83	27.78	26.78	25.85	25	24.19	23.43	22.72	22.05
8.0	50	47.05	44.45	42.10	40	38.12	36.35	34.78	33.33	32	30.75	29.62	28.57	27.58	26.67	25.80	25.00	24.25	23.53
8.5	53.1	50	47.2	44.74	42.5	40.50	38.62	36.95	35.41	34	32.69	31.47	30.35	29.30	28.33	26.35	26.55	25.75	25
9.0	56.2	52.9	50	47.35	45	42.88	40.9	39.12	37.5	36	34.61	33.33	32.13	31.02	30	27.90	28.12	27.27	26.46
9.5	59.4	55.9	52.8	50	47.5	45.25	43.18	41.3	39.58	38	36.53	35.18	33.92	32.76	31.67	29.45	29.68	28.80	27.95
110.0	62.5	58.8	55.6	52.6	50	47.65	45.45	43.48	41.67	40	38.46	37.04	35.70	34.48	33.33	32.25	31.25	30.30	29.40

Chaleur spécifique des solutions sucrées.

Degrés Brix	Chaleur spécifique d'après		Degrés Brix	Chaleur spécifique d'après		Degrés Brix	Chaleur spécifique d'après	
	Kopp	Marignac		Kopp	Marignac		Kopp	Marignac
1	0·9934	0·994	34	0·7763	0·803	67	0·5591	0 611
2	0·9868	0·988	35	0·7697	0·797	68	0·5526	0·606
3	0·9803	0·983	36	0·7631	0·791	69	0·5460	0·600
4	0·9737	0·977	37	0·7565	0·785	70	0·5394	0·594
5	0·9671	0·971	38	0·7500	0·780	71	0·5327	0·588
6	0·9605	0·965	39	0·7434	0·773	72	0·5261	0·582
7	0·9539	0·959	40	0·7368	0·768	73	0·5196	0·576
8	0·9474	0·954	41	0·7302	0·762	74	0·5130	0·571
9	0·9408	0·948	42	0·7236	0·756	75	0·5064	0·565
10	0·9342	0·942	43	0·7172	0·750	76	0·4998	0·559
11	0·9276	0·936	44	0·7105	0·745	77	0·4932	0·553
12	0·9210	0·930	45	0·7039	0·739	78	0·4867	0·548
13	0·9145	0·924	46	0·6973	0·733	79	0·4802	0·542
14	0·9079	0·919	47	0·6907	0·727	80	0·4736	0 536
15	0·9013	0·917	48	0 6842	0·722	81	0·4670	0·530
16	0·8947	0·907	49	0·6776	0·716	82	0·4604	0·524
17	0·8881	0·901	50	0·6710	0·710	83	0·4539	0 518
18	0·8816	0·896	51	0·6644	0·704	84	0·4473	0·512
19	0·8750	0 890	52	0·6578	0·698	85	0·4407	0·507
20	0·8684	0·884	53	0·6513	0·693	86	0·4341	0·501
21	0·8618	0·878	54	0 6447	0·687	87	0·4275	0·495
22	0·8552	0·872	55	0 6381	0·681	88	0·4210	0·490
23	0·8487	0·866	56	0·6315	0·675	89	0·4144	0·484
24	0·8421	0·861	57	0·6249	0·669	90	0·4078	0·478
25	0·8355	0·855	58	0·6184	0·663	91	0·4012	0·472
26	0·8289	0·849	59	0·6118	0·658	92	0·3946	0·466
27	0·8228	0·843	60	0·6052	0·652	93	0·3881	0·461
28	0·8158	0·837	61	0·5986	0 646	94	0·3815	0·455
29	0·8092	0·832	62	0·5920	0·640	95	0·3749	0·449
30	0·8026	0·826	63	0·5855	0·635	96	0·3683	0·443
31	0·7960	0·820	64	0·5789	0·629	97	0·3617	0·437
32	0·7894	0·814	65	0·5723	0·623	98	0·3552	0·432
33	0·7829	0·808	66	0·5657	0 617	99	0·3486	0·426

Afin de faciliter les calculs qu'on peut avoir à faire sur la dilution et l'évaporation des sirops, nous donnons les formules applicables à tous les cas.

Soient :

e = Eau à ajouter ou à évaporer en poids.

V = Comme ci-dessus le volume après dilution ou avant évaporation.

v = Volume avant dilution ou après évaporation.

D = Densité avant dilution ou après évaporation.

D' = Densité après dilution ou avant évaporation.

$$e = \frac{v\,(D - D')}{(D' - 1)} = V - v$$

$$D = \frac{D'(e + v) - e}{v} = \frac{V\,D' - e}{V - e}$$

$$D' = \frac{v\,D + e}{e + v} = D - \frac{e(D - 1}{V}$$

$$v = \frac{e\,(D' - 1)}{D - D'} = V - e = \frac{V\,(D' - 1)}{D - 1}$$

$$V = e + v$$

On peut encore utiliser les formules suivantes dans lesquelles K est le poids du jus avant évaporation (K = VD').

S est le degré Brix en poids avant évaporation (ou du jus).

K' est le poids du sirop (K' = vD).

S' est le degré Brix du sirop.

$$K = \frac{K'\,S'}{S} \qquad S' = \frac{K\,S}{K'}$$

$$K' = \frac{K\,S}{S'} \qquad S = \frac{K'\,S'}{K}$$

$$e = K\left(1 - \frac{S}{S'}\right)$$

Pendant l'évaporation d'un liquide les circonstances suivantes influent et ont une grande importance.

1° La quantité d'eau vaporisée pendant l'unité de temps est pour une même température proportionnelle à la surface de chauffe.

2° Pour des surfaces de chauffe égales, la quantité d'eau vaporisée dans l'unité de temps est proportionnelle à la température.

3° L'évaporation dépend de la nature de la surface de chauffe.

4° Le point d'ébullition d'un liquide dépend de sa nature et de la pression qu'il supporte.

5° Toute vapeur à une température donnée provoque la

vaporisation d'un autre liquide dont le point d'ébullition est inférieur à la température de la vapeur.

6° Les vapeurs engendrées à une température élevée conservent la même température que le liquide, tant que la pression reste la même.

7° Afin de rendre constant le point d'ébullition d'un liquide, la pression que ce liquide supporte doit rester la même.

t_0	Pression	Augmentation de la pression pour 1°	λ_1	r	p	v
100	0.00	»	637.000	536 200	1.0333	1.645
101	2.76	2.76	637.305	535.492	1 0710	1.595
102	5.60	2.84	637 610	534.784	1.1093	1.545
103	8.53	2.93	637 915	534 076	1.1492	1.494
104	11.54	3.01	638 220	533.368	1.1902	1.444
105	14.64	3.10	638 525	532 660	1.2313	1.394
106	17.83	3.19	638.830	531.952	1.2757	1.352
107	21.11	3.28	639.138	531 244	1.3203	1.311
108	24.49	3.38	639.440	530.536	1.3662	1.269
109	28.00	3.51	639 745	529.828	1.4140	1.228
110	31.54	3.54	640 050	529.120	1.4621	1.186
111	35.21	3.67	640 355	528.412	1.5121	1.152
112	38 98	3.77	640.660	527.704	1.5633	1.118
113	42.86	3.88	640.965	526.996	1.6161	1.083
114	46.85	3.99	641.270	526.288	1.6704	1.049
115	50.94	4.09	641 575	525 580	1.7259	1.015
116	55.15	4 21	641.880	524.872	1.7832	0.986
117	59.47	4.32	642.185	524.164	1.8419	0.957
118	63.90	4.43	642.490	523.456	1.9021	0 929
119	68.45	4.55	642.795	522.748	1.9640	0.900
120	73.13	4.68	643.100	522.040	2.0275	0.872
121	77.92	4.79	643.405	521.332	2.0928	0.848
122	82.85	4 93	643.710	520.624	2.1598	0.824
123	87.89	5.04	644.015	519.916	2.2284	0.800
124	93.07	5.18	644.320	519.208	2.2989	0.776
125	98 39	5.32	644.625	518.500	2.3710	0.753
126	103.84	5.45	644.930	517.792	2.4150	0.733
127	109.42	5.58	645.235	517.084	2.5210	0.713
128	115.15	5.73	645.540	516.376	2.5989	0.693
129	121.01	5.86	645.845	515.668	2.6787	0.672
130	107.03	6.02	646.150	514.960	2.7604	0.653

t	λ_1	r	t	λ_1	r	t	λ_1	r
0.1	0.0305	0.0708	0.4	0.1220	0.2832	0.7	0.2135	0.4956
0.2	0.0610	0.1416	0.5	0.1525	0.3540	0.8	0.2440	0.5664
0.3	0.0915	0.2124	0.6	0.1830	0.1830	0.9	0.2745	0.6372

Table de la tension de la vapeur d'eau saturée de 0 à 100°

Température de la vapeur	Tension de la vapeur en millimèt. de mercure	Vide correspondant	en atmosphères absolues	Température de la vapeur	Tension de la vapeur en millimèt. de mercure	Vide correspondant	en atmosphères absolues
0	4·60	755·40	0·006	51	96·66	663·34	0·127
1	4·94	755·06	0·006	52	101·54	658·46	0·133
2	5·30	754·69	0·007	53	106·63	653·36	0·140
3	5·68	754·31	0·007	54	111·94	648·05	0·147
4	6·09	754·00	0·008	55	117·47	642·52	0·154
5	6·53	753·46	0·008	56	123·24	636·76	0·162
6	6·99	753·00	0·009	57	129·25	730·75	0·170
7	7·49	752·50	0·009	58	135·50	624·49	0·178
8	8·01	751·98	0·010	59	142·01	617·98	0·186
9	8·57	751·43	0·011	60	148·79	611·21	0·195
10	9·16	750·83	0·012	61	155·83	604·16	0·205
11	9·79	750·21	0·012	62	163·17	596·83	0·214
12	10·45	749·54	0·013	63	170·79	589·21	0·224
13	11·16	748·84	0·014	64	178·71	581·29	0·235
14	11·90	748·10	0·015	65	186·94	573·05	0·246
15	12·69	747·30	0·016	66	195·49	564·50	0·257
16	13·53	746·46	0·017	67	204·37	555·62	0·268
17	14·42	745·58	0·019	68	213·59	546·40	0·281
18	15·35	744·64	0·020	69	223·16	536.83	0·293
19	16·34	743·65	0·021	70	233·09	526·91	0·306
20	17·39	742·61	0·022	71	243·39	516·61	0·320
21	18·49	741·50	0·024	72	254·07	505·93	0·334
22	19·65	740·34	0·025	73	265·14	494·85	0·348
23	20·88	739·11	0·027	74	276·62	483·38	0·364
24	22·18	737·82	0·029	75	288·51	471·48	0·379
25	23·55	736·45	0·031	76	300·83	459·16	0·395
26	24·98	735·01	0·032	77	313·60	446·40	0·412
27	26·50	733·05	0·034	78	326·81	433·19	0·430
28	28·10	731·90	0·037	79	340·48	419·51	0·448
29	29·78	730·29	0·039	80	354·64	405·36	0·466
30	31·54	728·45	0·041	81	369·28	390·71	0·485
31	33·40	726·60	0·044	82	384·43	375·56	0·505
32	35·35	724·64	0·046	83	400·10	359·90	0·526
33	37·41	722·59	0·049	84	416·29	343·70	0·547
34	39·56	720·43	0·052	85	433·04	326·99	0·569
35	41·82	718·17	0·055	86	450·34	309·66	0·592
36	44·20	715·80	0·058	87	468·22	291·78	0·616
37	46·69	713·31	0·061	88	486·68	273·31	0·640
38	49·30	710·70	0·064	89	505·75	254·24	0·665
39	52·03	707·96	0·068	90	525·45	234·55	0·691
40	54·90	705·10	0·072	91	545·77	214·22	0·718
41	57·91	702·09	0·076	92	566·75	193·24	0·745
42	61·05	698·94	0·080	93	598·40	171·59	0·774
43	64·34	695·65	0·084	94	610·74	149·26	0·803
44	67·79	692·21	0·089	95	633·77	126·22	0·833
45	71·39	688.61	0·093	96	657·53	102·46	0·865
46	75·15	684·84	0·098	97	682·02	77·97	0·897
47	79·09	680·91	0·104	98	707·28	52·72	0·930
48	83·20	676·79	0·109	99	733·30	26·69	0·964
49	87·49	672·50	0·115	100	760·00	0·00	1·000
50	91·98	668·02	0·121				

La pression atmosphérique exerçant une action sur la température d'ébullition de l'eau, il est nécessaire de faire subir une correction aux nombres observés pour les ramener à la pression de 760.

A cet effet on se sert de la table suivante.

Vide en cm.	Différence en 0° C. à la pression atmosphérique de				Indication du manomètre		Différence à 760 + n mm. de la pression atmosphérique	
	750	740	730	720	à mercure	à ressort métallique	n = 10	n = 30
70	3.4	7.5	12 6	19 3	10	0.169	0.33	1 0
65	1.9	4.0	6.4	9.0	20	0 305	0.30	0.91
60	1.4	2.9	4.4	6.2	30	0.441	0.28	0.84
55	1.1	2.2	3.4	4.6	40	0.577	0.26	0.77
50	0.9	1.8	2.8	3.8	60	0.849	0.23	0.67
45	0.8	1.6	2 4	3.3	80	1.121	0 20	0.61
40	0.7	1.4	2.15	2.9	—	1.5	0.18	0.55
35	0.6	1.2	1.8	2.6	—	2 0	0.13	0.4
30	0.56	1.1	1.7	2.3	—	3.0	0.11	0.35
25	0 51	1.0	1.52	2.1	—	4 0	0.1	0 3
20	0.47	0.95	1.4	2.0	—	5.0	0.1	0.3
15	0.44	0.9	1.34	1.8	—	6.0	—	0.2
10	0.42	0.84	1.26	1.7	—	8.0	—	0.2
5	0.4	0.8	1.2	1.6	—	11.0	—	0.15
0	0.35	0.7	1.1	1.5	—	—	—	—

Il résulte de cette table que la différence pour les vides élevés et pour la différence $n = 10$ (750 mm.) n'est pas le tiers de la différence pour $n = 30$, mais est plus élevée. Ainsi pour 60 cm. de vide elle est le tiers de la correction pour 730 mm. : $\frac{4.4}{3} = 1°13$. La correction pour 750 mm. est 1°4, c'est-à-dire beaucoup plus élevée.

Pour la pression cette différence est très petite. A l'aide de cette table on peut donc facilement calculer la température qui correspond au vide apparent et à la pression.

Ainsi le manomètre indique 0,67 à la pression atmosphérique de 740, la température qui correspond à 0,67 atm. est 114°. Il faut retrancher $0{,}25 \times 2 = 0{,}50$ et la température est **113°5.**

Table donnant la tension de la vapeur et la chaleur qu'elle contient

Tension absolue en atmosphères	Tension absolue en millimètres ds mercure	Température totale t	Chaleur totale cal. λ	Chaleur contenue dans le liquide q	Chaleur latente interne ρ	Chaleur latente externe Apu	Poids d'un m³ de vapeur en kilos v
0·10	73·6	45·6	620·4	45·7	539·6	35·1	0·0665
0·2	147·1	59·8	624·7	59·9	528·3	36·5	0·1218
0·3	220·7	68·7	627·5	68·9	521·2	37·4	0·1876
0·4	294·2	75·5	629·5	75·7	515·8	38·0	0·2459
0·5	367·8	80·9	631·2	81·2	511·5	38·5	0·3033
0·6	441·3	85·5	632·5	85·8	507·8	38·9	0·3600
0·7	514·9	89·5	633·8	89·8	504·7	39·3	0·4161
0·8	588·4	93·0	634·8	93·4	501·8	39·6	0·4719
0·9	662·0	96·2	635·9	96·7	499·3	39·9	0·5273
1·0	735·5	99·1	636·9	99·8	497·0	40·1	0·5823
1·1	809·1	101·8	637·6	102·3	494·9	40·4	0·6365
1·2	882·6	104·2	638·3	104·8	492·9	40·6	0·6907
1·3	956·2	106·6	639·0	107·1	491·1	40·8	0·7446
1·4	1029·7	108·7	639·6	109·3	489·4	40·9	0·7983
1·5	1103·3	110·8	640·3	111·4	487·8	41·1	0·8518
1·6	1176·8	112·7	640·9	113·4	486·2	41·3	0·9050
1·7	1250·4	114·5	641·5	115·3	484·8	41·4	0·9580
1·8	1323·9	116·3	642·0	117·0	483·4	41·6	1·0109
1·9	1397·5	118·0	642·5	118·8	482·0	41·7	1·0637
2·0	1471·0	119·6	643·0	120·4	480·8	41·8	1·1161
2·1	1544·6	121·1	643·4	121·9	479·6	41·9	1·1684
2·2	1618·1	122·6	643·9	123·4	478·4	42·1	1·2206
2·3	1691·7	124·0	644·4	124·9	477·3	42·2	1·2726
2·4	1765·2	125·4	644·8	126·3	476·2	42·3	1·3245
2·5	1838·8	126·7	645·2	127·7	475·1	42·4	1·3763
2·6	1912·3	128·0	645·6	129·0	474·1	42·5	1·4280
2·7	1985·9	129·3	645·9	130·2	473·1	42·6	1·4793
2·8	2059·4	130·5	646·4	131·5	472·1	42·8	1·5307
2·9	2133·0	131·7	646·7	132·7	471·2	42·8	1·5820
3·0	2206·5	132·8	647·1	133·9	470·3	42·9	1·6332
3·1	2280·1	133·9	647·3	135·0	469·4	42·9	1·6843
3·2	2353·6	135·0	647·7	136·1	468·6	43·0	1·7352
3·3	2427·2	136·1	648·0	137·2	467·7	43·1	1·7864
3·4	2500·7	137·1	648·3	138·2	466·9	43·2	1·8369
3·5	2574·3	138·1	648·6	139·3	466·1	43·2	1·8879
3·6	2647·8	139·1	648·9	140·3	465·3	43·3	1·9384
3·7	2721·4	140·1	649·3	141·3	464·6	43·4	1·9889
3·8	2794·9	141·0	649·4	142·2	463·8	43·4	2·0392
3·9	2868·5	141·9	649·8	143·2	463·1	43·5	2·0894
4·0	2942·0	142·8	650·1	144·1	462·4	43·6	2·1400
4·1	3015·6	143·7	650·3	145·0	461·7	43·6	2·1901
4·2	3089·1	144·6	650·7	446·0	461·0	43·7	2·2401
4·3	3162·7	145·4	650·9	146·8	460·3	43·8	2·2902
4·4	3236·2	146·3	651·1	147·6	459·7	43·8	2·3403
4·5	3309·8	147·1	651·4	148·5	459·0	43·9	2·3902
4·6	3383·3	147·9	651·6	149·3	458·4	43·9	2·4402
4·7	3456·9	148·7	651·8	150·1	457·7	44·0	2·4900
4·8	3530·4	149·5	652·0	150·9	457·1	44·0	2·5394
4·9	3604·0	150·2	652·3	151·7	456·5	44·1	2·5893

Tension absolue en		Température totale	Chaleur totale cal.	Chaleur contenue dans le liquide	Chaleur latente interne	Chaleur latente externe	Poids d'un m³ de vapeur en kilos
atmosphères	millimètres de mercure	*t*	λ	*q*	ρ	*Apu*	ν
5·0	3677·6	151·0	652·6	152·5	455·9	44·2	2·6412
5·1	3751·1	151·7	652·7	153·2	455·3	44·2	2·6882
5·2	3824·7	152·5	653·1	154·0	454·8	44·3	2·7375
5·3	3898·2	153·2	653·2	154·7	454·2	44·3	2·7871
5·4	3971·8	153·9	653·5	155·5	453·6	44·4	2·8369
5·5	4045·3	154·6	653·7	156·2	453·1	44·4	2·8860
5·6	4118·9	155·3	653·8	156·9	452·5	44·4	2·9351
5·7	4192·4	156·0	654·1	157·6	452·0	44·5	2·9842
5·8	4266·0	156·7	654·3	158·3	451·5	44·5	3·0331
5·9	4339·5	157·3	654·5	159·0	450·9	44·6	3·0826
6·0	4413·1	157·9	654·6	159·6	450·4	44·6	3·1319
6·1	4486·6	158·6	654·9	160·3	449·9	44·7	3·1807
6·2	4560·2	159.2	655·0	160·9	449·4	44·7	3·2300
6·3	4633·7	159·9	655·3	161·6	448·9	44·8	3·2787
6·4	4707·3	160·5	655·4	162·2	448·4	44·8	3·3278
6·5	4780·8	161·1	655·6	162·9	447·9	44·8	3·3761
6·6	4854·4	161·7	655·9	163·5	447·5	44·9	3·4247
6·7	4927·9	162·3	656·0	164·1	447·0	44·9	3·4734
6·8	5001·5	162·9	656·1	164·7	446·5	44·9	3·5224
6·9	5075·0	163·5	656·4	165·3	446·1	45·0	3·5714
7·0	5148·6	164·0	656·5	165·9	445·6	45·0	3·6193
7·25	5332·4	165·4	656·9	167·3	444·5	45·1	3·7411
7·5	5516·3	166·8	657·4	168·8	443·4	45·2	3·8610
7·75	5700·2	168·2	657·8	170·1	442·4	45·3	3·9825
8·00	5884·1	169·5	658·2	171·5	441·3	45·4	4·1034
8·25	6068·0	170·7	658·5	172·8	440·3	45·4	4·2230
8·5	6251·8	172·0	658·9	174·1	439.3	45·5	4·3440
8·75	6435·7	173·2	659·3	175·3	438·4	45·6	4·4623
9·0	6619·6	174·4	659·7	176·6	437.4	45·7	4·5830
9·25	6803·5	175·5	660·0	177·8	436·5	45·7	4·7015
9·50	6987·4	176·7	660·4	179·0	435·6	45·8	4·8216
9·75	7171·2	177·8	660·7	180·1	434·7	45·9	4·9407
10·00	7355·1	178·9	661·0	181·2	433·9	45·9	5·0607
10·25	7539·0	180·0	661·4	182·4	433·0	46·0	5·1787
10·50	7722·9	181·0	661·7	183·4	432·2	46·1	5·2966
10·75	7906·7	182·0	662·0	184·5	431·4	46·1	5·4142
11·00	8090·6	183·1	662·4	185·6	430·6	46·2	5·5340
11·25	8274·5	184·1	662·7	186·6	429·8	46·3	5·6497
11·50	8458·4	185·0	662·9	187·6	429·0	46·3	5·7703
11·75	8642·2	186·0	663·3	188·6	428·3	46·4	5·8858
12·00	8826·1	186·9	663·5	189·6	427·5	46·4	6·0060
12·25	9010·0	187·8	663·9	190·6	426·8	46·5	6·1200
12·50	9193·9	188·8	664·0	191·5	426·0	46·5	6·2383
12·75	9377·8	189·7	664·4	192·5	425·3	46·6	6·3573
13·00	9561·6	190·6	664·6	193·4	424·6	46·6	6·4725
13·50	9929·4	192·3	665·2	195·2	423·3	46.7	6·7069
14·00	10297·1	194·0	665·6	196·9	421·9	46·8	6·9396
14·50	10664·9	195·6	666·2	198·7	420·6	46·9	7·1737
15·0	11032·7	197·2	666·6	200·3	419·3	47·0	7·4019

Température t,	Vide en mm. de mercure	Diminution du vide pour 1° c,	$\lambda = 606.5 + 0.305\ t$	$r = 607 - 0{,}708\ t$	Pression de la vapeur par mètre carré p	Volume d'un kilo de vapeur en m³ v
40	70·51	0·30	618·700	578·680	0·0746	19·736
41	70·21	0·32	619·005	577·972	0·0786	18·866
42	69·89	0·33	619·310	577·264	0·0830	17·997
43	69·56	0·34	619·615	576·556	0·0875	17·128
44	69·22	0·36	619·920	575·848	0·0922	16·259
45	68·86	0·38	620·225	575·140	0·0971	15·390
46	68·48	0·39	620·530	574·452	0·1023	14·730
47	68·09	0·41	620·835	573·724	0·1076	14·074
48	67·68	0·43	621·140	578·016	0·1132	13·418
49	67·25	0·45	621·445	572·308	0·1190	12·162
50	66·80	0·47	621·750	571·600	0·1250	12·106
51	66·33	0·49	622·055	570·892	0·1316	11·606
52	65·84	0·51	622·360	570·184	0·1381	11·105
53	65·33	0·53	622·665	569·476	0·1451	10·604
54	64·80	0·55	622·970	568·768	0·1522	10·103
55	64·25	0·58	623·275	568·060	0·1597	9·604
56	63·67	0·60	623·580	567·352	0·1675	9·219
57	63·07	0·62	623·885	566·614	0·1758	8·834
58	62·45	0·66	624·190	565·936	0·1842	8·449
59	61·79	0·67	624·495	565·228	0·1932	8·064
60	61·12	0·70	624·800	564·620	0·2023	7·678
61	60·42	0·74	625·105	563·812	0·2127	7·380
62	59·68	0·76	625·410	563·104	0·2227	7·082
63	58·92	0·79	625·715	562·396	0·2330	6·784
64	58·13	0·82	626·020	562·688	0·2437	6·486
65	57·31	0·86	626·325	560·980	0·2542	6·188
66	56·45	0·89	626·630	560·272	0·2658	5·914
67	55·56	0·92	626·935	559·554	0·2780	5·662
68	54·64	0·96	627·240	558·856	0·2903	5·432
69	53·88	0·99	627·545	558·148	0·3034	5·219
70	52·69	1·03	627·850	557·440	0·3169	5·023
71	51·66	1·07	628·155	556·732	0·3309	4·810
72	50·59	1·11	628·460	556· 24	0·3454	4·614
73	49·48	1·15	628·765	555·316	0·3600	4·435
74	48·33	1·18	629·070	554·608	0·3763	4·106
75	47·15	1·23	629·375	553·900	0·3923	4·106
76	45·92	1·28	629·680	553·192	0·4089	3·781
77	44·64	1·32	629·985	552·484	0·4264	3·636
78	43·32	1·37	630·290	551·776	0·4444	3·466
79	41·95	1·42	630·595	551·078	0·4630	3·379
80	40·53	1·46	630·900	550·360	0·4832	3·379
81	39·07	1·52	631·205	549·652	0·5021	3·248
82	37·55	1·56	631·510	548·944	0·5227	3·121
83	35·99	1·62	631·815	548·236	0·5440	3·007
84	34·37	1·67	632·120	547·538	0·5662	2·900
85	32·70	1·74	632·425	546·820	0·5887	2·798
86	30·96	1·78	632·730	546·112	0·6123	2·690
87	29·18	1·85	633·035	545·404	0·6365	2·591
88	27·33	1·91	633·340	544·696	0·6617	2·498
89	25·42	1·97	633·645	543·988	0·6876	2·412
90	23·45	2·03	633·950	543·280	0·7144	2·331
91	21·42	2·10	634·255	542·572	0·7420	2·245
92	19·32	2·16	634·560	541·864	0·7706	2·165
93	17·16	2·24	634·865	541·156	0·8000	2·090
94	14·92	2·30	635·170	540·448	0·8304	2·021
95	12·62	2·37	635·475	539·740	0·8617	1·954
96	10·25	2·46	635·780	539·032	0·8815	1·885
97	7·79	2·52	636·085	538·324	0·9274	1·821
98	5·27	2·60	636·390	537·616	0·9615	1·761
99	2·67		636·695	536·908	0·9969	1·704

Table donnant la température de l'eau correspondant à une pression donnée en kilos effectifs.

Pression effective kil.	Température C.	Pression effective kil.	Température C.	Pression effective kil.	Température C,	Pression effective kil,	Température C,
0.5	111	5.5	161	10.5	185	15.5	202
1.0	120	6	164	11	187	16	203
1.5	127	6.5	167	11.5	189	16.5	205
2	133	7	170	12	191	17	206
2.5	138	7.5	173	12.5	193	17.5	208
3	143	8	175	13	194	18	209
3.5	147	8.5	177	13.5	196	18.5	210
4	151	9	179	14	197	19	211
4.5	155	9.5	181	14.5	199	19.5	213
5.0	158	10	183	15	200	20	214

Analyse du jus filtré. — L'analyse du jus filtré, sortant des filtres mécaniques, est intéressante à faire et elle représente lorsque les échantillons sont pris souvent, une moyenne assez exacte.

Densité. — La densité est prise, en comparant avec le jus de diffusion afin de se rendre compte de la dilution que les différentes manipulations lui ont fait subir. Il n'est pas rare, qu'un jus de diffusion à 105.0 sorte des filtres mécaniques à 104.0, par suite de l'addition d'eau provenant du lait de chaux, du lavage des écumes, des filtres.

Sucre et pureté. — Le sucre sert à déterminer la pureté qui est notablement supérieure à celle du jus de diffusion.

Alcalinité. — Bien souvent un jus ayant une alcalinité de 0,20 au moment où on le prélève dans la chaudière, voit cette alcalinité remonter à 0,25-0,30 après le passage aux filtres-pressés. Cette anomalie résulte d'un défaut dans la chaux. Celle-ci n'a pas eu le temps de se dissoudre complètement dans le jus et cette dissolution s'achève après la fin de la carbonatation. Dans ce cas on pousse un peu plus au gaz à la seconde carbonatation. Cet inconvénient se produit aussi, mais plus souvent à la première, et a pour résultat d'entraver la filtration.

Sels de chaux. — Les sels de chaux se dosent au moyen de la liqueur de savon, par l'hydrotimètrie.

2. — Appareils à effet multiple.

Un appareil à effet multiple doit réaliser dans sa construction les conditions suivantes :

1° La surface de chauffe doit être aussi grande que possible afin de favoriser la rapidité de l'évaporation.

2° L'espace réservé à la vapeur au-dessus du liquide doit être suffisamment grand afin que l'entraînement des vésicules sucrées soit réduit le plus possible.

4° Les communications entre la vapeur engendrée et la surface de condensation doivent être très grandes c'est-à-dire



Fig. 64.

que la section des conduites doit être telle que la vitesse des vapeurs ne soit pas trop grande afin que les entraînements dont il est question plus haut ne se produisent pas.

5° On doit disposer sur la conduite des vapeurs des appareils qui permettent de condenser ou de réunir ces vésicules sucrées et de les renvoyer dans la chaudière d'évaporation.

Nous reviendrons plus tard sur ces conditions.

A l'origine les appareils d'évaporation étaient simplement à double effet, plus tard on ajouta une troisième chaudière et on obtint des triple effet qui sont les appareils les plus répandus. Aujourd'hui on tend à augmenter encore le nombre des chaudières. On a construit dans cette voie un sextuple effet,

deux ou trois quintuple effet et un grand nombre de quadruple effet.

Nous considérerons d'abord l'ancien triple effet (fig. 61 et fig. 62).Cet appareil se compose essentiellement de trois chaudières. Chacune de ces chaudières est en fonte ou en tôle épaisse, résistant à la pression atmosphérique. La partie cylindrique se termine à la partie inférieure par un fond en fonte ou en tôle d'acier, qui forme joint avec la partie cylindrique verticale. Un peu au-dessus de ce joint se trouve le faisceau tubulaire composé de deux plaques tubulaires entretoisées, réunies par un grand nombre de tuyaux de laiton

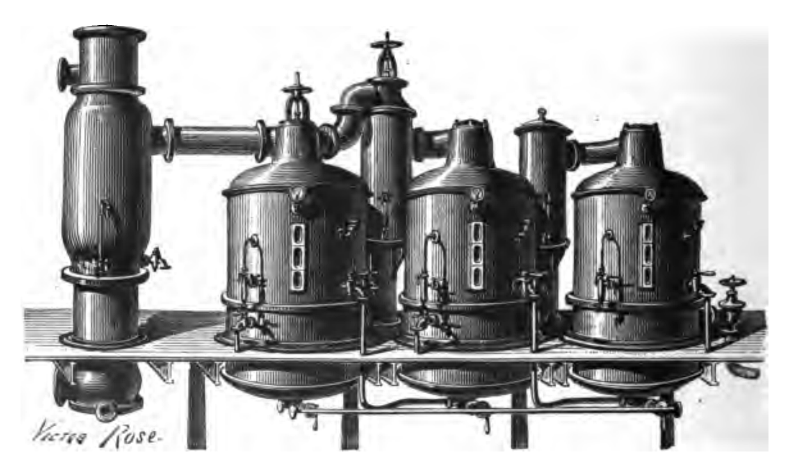


Fig. 62,

étamé d'un diamètre intérieur de 40 à 50 mm. Ces tubes sont fortement mandrinés au dudgeon dans chaque plaque tubulaire. C'est dans l'intérieur de ces tubes que circule le jus. Quant à la vapeur de chauffage, elle évolue autour des tubes. Le faisceau tubulaire est chauffé soit avec la vapeur provenant de l'ébullition du jus, soit avec la vapeur directe des générateurs. Dans le premier cas l'arrivée de cette vapeur, qui généralement a une pression qui ne dépasse pas un kilo, se fait par un tuyau de large section. Dans le second, une simple soupape de vapeur ordinaire suffit. Souvent on emploie une soupape équilibrée ou un détendeur de vapeur. Ce dispositif

ne s'emploie qu'à la première caisse. Le chauffage se fait encore au moyen de la vapeur de retour de tous les moteurs de l'usine, dont la pression est en général de 0 k. 8. La soupape équilibrée qui distribue la vapeur vive dans le faisceau tubulaire a précisément pour but d'éviter que cette vapeur ne se rende dans le ballon général des retours au lieu d'aller dans la partie de la caisse d'évaporation destinée au chauffage.

A la partie supérieure de la caisse ou corps se trouve un dôme qui se termine par une tubulure où se branche la conduite qui dirige les vapeurs provenant de l'évaporation du jus dans le faisceau tubulaire de la caisse suivante.

La caisse est complétée par les appareils suivants :

Soupape d'amenée du jus, munie de préférence d'un régulateur automatique d'alimentation. Ces systèmes sont assez nombreux et leur fonctionnement est régulier.

Soupape pour la vapeur de retour.

Soupape pour la vapeur vive avec son détendeur.

Retour d'eau de condensation.

Soupape d'eau pour le remplissage de la caisse, lavage, essais, etc.

Vidange de la chaudière envoyant le jus dans un bac spécial lorsqu'on procède au nettoyage de l'appareil.

Soupape d'amenée de l'eau dans le faisceau tubulaire pour l'essai à la pression hydraulique.

Soupape d'arrivée de l'eau acidulée pour le lavage.

Soupape d'aspiration de l'eau alcaline pour le même usage.

Eprouvette pour la prise de la densité du sirop et de l'échantillon.

Robinet graisseur pour l'introduction de la graisse pour abattre les mousses.

Entre la première caisse et la seconde se trouve le vase de sûreté dont l'intérieur est muni de chicanes dans le but de briser la veine d'aspiration et de forcer les vésicules de jus entraînées à se déposer. Un petit tube ramène le liquide dans la première caisse.

La deuxième caisse est de construction analogue à la première, mais l'arrivée de la vapeur de la première caisse se fait par une section très large afin qu'il n'y ait pas d'étranglement de la vapeur.

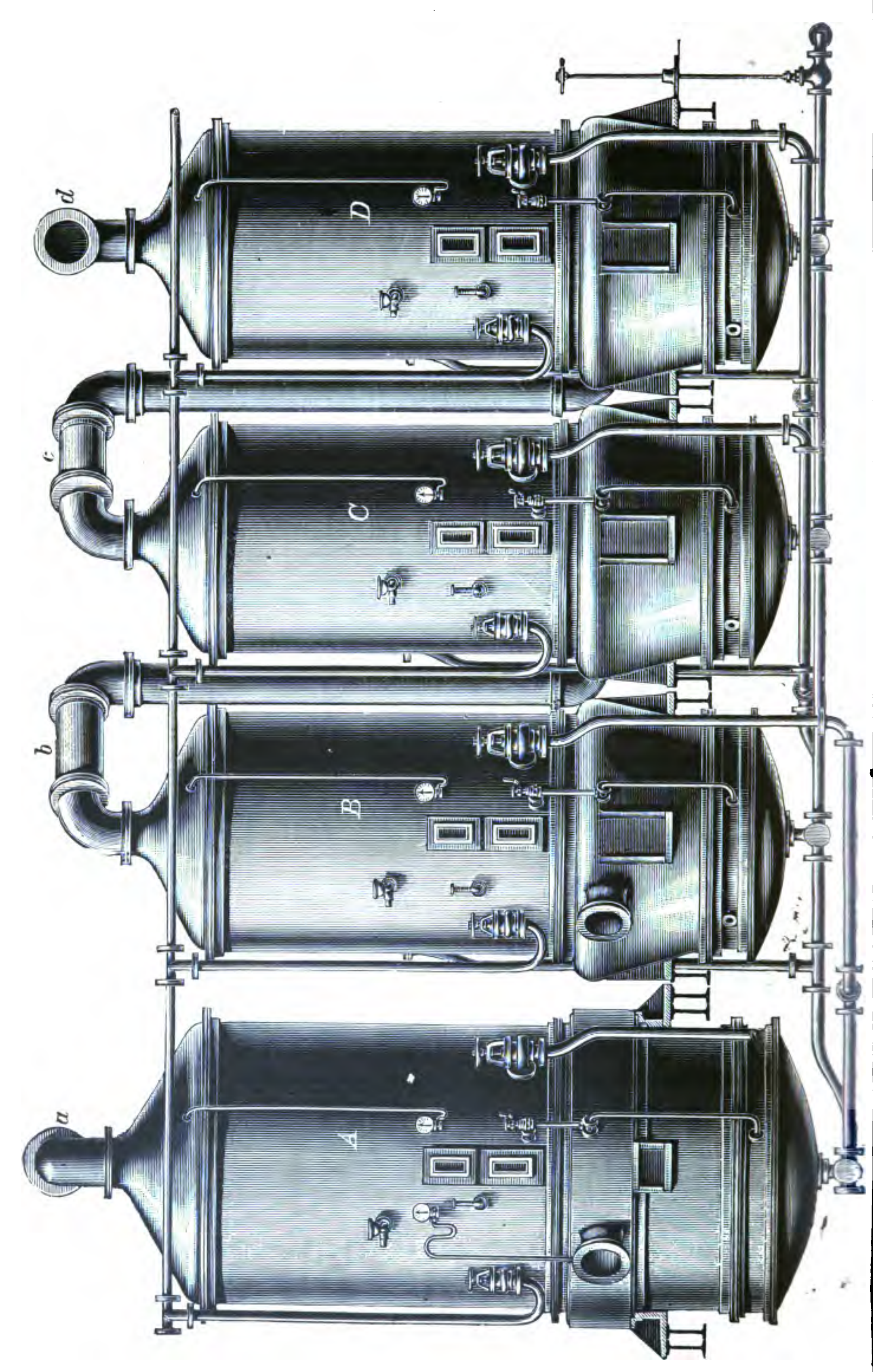


Fig. 63.

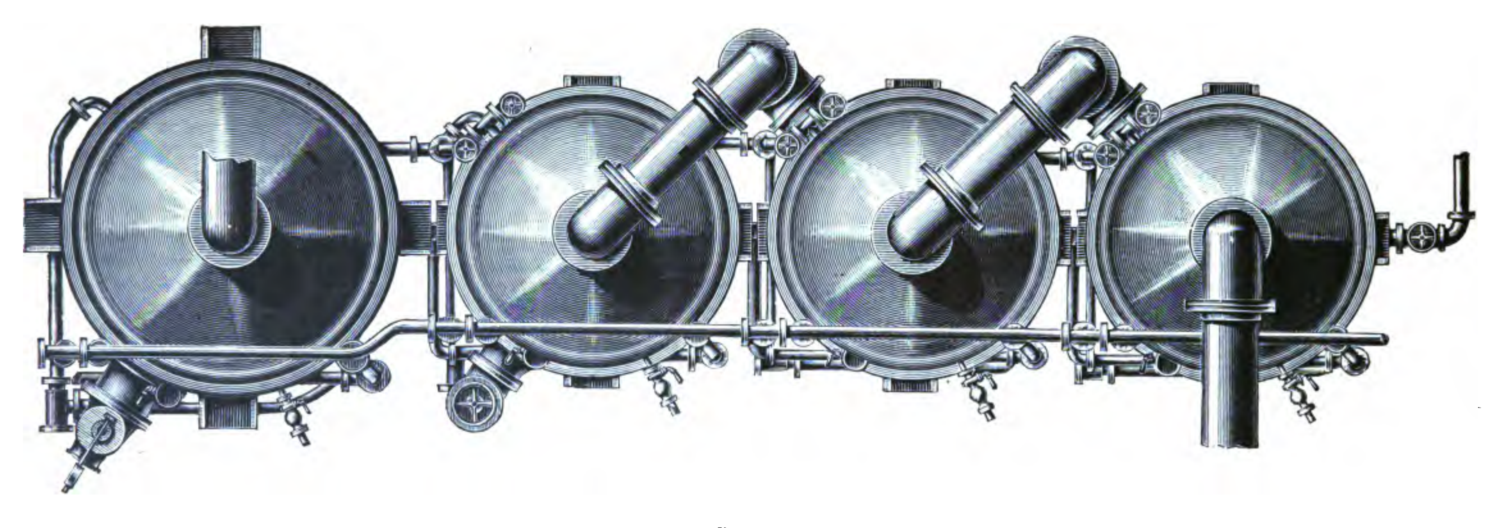


Fig. 64.

De la partie inférieure de la première caisse part un gros tuyau qui vient déboucher au-dessus de la plaque tubulaire de la deuxième caisse et qui extrait le jus de la première pour continuer l'évaporation dans la deuxième caisse. Ce tuyau est muni d'un robinet pour le réglage de l'arrivée de ce jus.

Chaque caisse est munie de regards ou glaces qui permettent d'observer à l'intérieur l'ébullition et la hauteur du jus.

La chambre de chauffe du faisceau tubulaire est pourvue d'un tube de niveau en verre qu'on peut isoler par deux robinets. On peut ainsi s'assurer du bon fonctionnement des pompes à eaux ammoniacales qui ont pour objet d'extraire l'eau condensée au fur et à mesure de sa production.

La seconde caisse est souvent munie d'un dispositif d'extraction des gaz. Ce sont des tubes en cuivre d'un diamètre assez étroit qui débouchent sur la plaque tubulaire supérieure dans le faisceau de chauffage et qui est en communication avec la pompe à air. Les vapeurs d'ammoniaque, plus légères, ont tendance à se séparer de la vapeur d'eau, elles s'élèvent à la partie supérieure et sont immédiatement extraites par ces petits tubes. On a, en effet, reconnu que leur présence empêchait la transmission de la chaleur et diminuait le rendement de l'appareil d'évaporation.

La seconde et la troisième caisses sont munies des mêmes armatures et accessoires. Mais cette dernière se termine par un condenseur dont nous parlerons plus loin.

Chaque chaudière est munie sur son front d'un manomètre métallique donnant la pression ou le vide dans la caisse à jus et d'un thermomètre. En outre, le faisceau tubulaire de la première caisse est en communication avec un manomètre sensible.

Des trous d'homme latéraux et inférieurs complètent l'agencement du triple effet.

Le triple effet que nous venons de décrire est vertical. Mais on construit aussi des appareils qui sont horizontaux et dont la forme est analogue à celle des locomotives.

Quelques constructeurs ne mettent pas de tubes dans l'axe du faisceau tubulaire ou plutôt ils remplacent ceux-ci par un gros tube formant cheminée, qui a pour but de permettre au

jus qui a passé dans les tubes de se rendre plus facilement à la partie inférieure.

Ces appareils comportent les mêmes organes mais le faisceau tubulaire est quelquefois partagé en plusieurs faisceaux afin que la circulation du liquide soit plus facile.

On ne connaît pas de règles absolument précises pour le calcul des appareils à évaporer. Cependant les travaux d'Horsin Deon et de Jelinek ont élucidé certaines questions qui étaient restées obscures. Nous donnerons cependant la méthode à employer pour calculer la puissance d'un multiple effet, en nous servant des travaux qui ont été récemment publiés par Jelinek.

La quantité de vapeur à employer se calcule facilement. Supposons une contrepression de 0 kil. 5 pour la vapeur de retour. Sa température sera de 112°. Le vide obtenu sera de 61 centimètres, c'est-à-dire que la pression ne sera plus que de 15 centimètres. Dans ces conditions, le jus entrera en ébullition à 60°. La différence de température ou la chute sera de 112 — 60 = 52°. Cette chute de température se partage en autant de parties qu'il y a de caisses d'évaporation ; mais en pratique, il est difficile de descendre au-dessous de la température de 60°. En général, cette division est régulière, c'est-à-dire qu'entre chaque caisse la chute est la même :

A double effet elle est de	. . . .	26°
— triple —	. . . .	17°
— quadruple —	. . . .	13°
— quintuple —	. . . .	10°
— sextuple —	. . . .	9°

Dans un double effet, l'ébullition se fait dans le premier corps à 112 — 26 = 86°. La vapeur engendrée fait bouillir le jus dans le second corps à 60°.

Dans un triple effet, l'ébullition dans le premier corps a lieu à 112 — 17 = 95° et dans le second corps à 95 — 17 = 78° environ et dans le troisième à 60°.

Il résulte de cet examen que la chute de température est d'autant plus faible entre chaque caisse que le nombre de caisses sera plus grand. C'est pour cela qu'on ne peut indéfiniment augmenter leur nombre.

Lorsqu'on veut calculer un appareil à multiple effet, il est nécessaire d'avoir les données suivantes : Soient : t_0 la température du jus entrant à la première caisse, t' la température du jus en ébullition t'' celle de la va peur de chauffage dans la première caisse.

K le coefficient de transmission de la chaleur ramenée à 1 mètre carré par minute et pour une chute d'un degré de température, c'est-à-dire pour $t'' - t'$. Ce coefficient varie suivant le métal employé. Il est, d'après Wellner Jelinek de 22 calories.

S = surface de chauffe en mètres carrés.

Q = chaleur transmise par mètre carré.

et par minute = KS $(t'' - t')$

$'$ = la chaleur latente totale de vaporisation à t'

$$\lambda' = 606{,}5 + 0{,}305\ t'.$$

r'' = la chaleur abandonnée par la vapeur pendant la condensation $r'' = 607 - 0{,}708\ t''$.

D = Poids de la vapeur condensée dans le faisceau tubulaire en kilos.

W = Poids de l'eau vaporisée par la surface de chauffe, en kilogramme et par heure.

Il s'ensuit que

$$Q = Dr'', \text{ d'où } D = \frac{Q}{r''} \qquad (1)$$

$$\text{et } Q = W(\lambda' - t_0), \text{ d'où } W = \frac{Q}{\lambda' - \lambda' t^0} \qquad (2)$$

Nous résumons dans le tableau suivant les valeurs qu'on obtient suivant les appareils

Par conséquent, suivant qu'on emploie l'un de ces appareils, un mètre carré évapore à l'heure :

à simple effet.......	124	kilos d'eau
— double —	62,5	—
— triple —	41,7	—
— quadruple	30,8	—
— quintuple	24,6	—

tandis qu'un kilo de vapeur d'eau à 112° évapore :

à simple effet........	0 k.	96 eau ou	1
— double —	1,	90	1,98
— triple —	2,	85	2,97
— quadruple	3,	79	3,95
— quintuple	4,	72	4,92

	Valeurs	SIMPLE EFFET	DOUBLE EFFET		TRIPLE EFFET			QUADRUPLE EFFET				QUINTUPLE EFFET				
		Caisses	1re	2e	1re	2e	3e	1re	2e	3e	4e	1re	2e	3e	4e	5e
Vide en m/m de mercure.........		608	304	608	112	442	608	27	300	434	608	Press.	207	393	521	608
Pression en m/m de mercure.....		152	456	152	648	318	152	7[illegible]3	460	266	152	804	553	367	239	152
Température du jus entrant.......	$= t_0$	75°	75°	86	750	94 6	77.3	75	99	86	73	75	10.61	91.2	80.8	70.4
Température du jus en ébullition..	$= t'$	60°	86	60	94.6	77.3	60	99	86	73	60	101.6	91.2	80.8	70.4	60
Température de la vapeur de chauffage	$= t'$	112°	112	86	112	94.6	77.3	112	99	86	73	112	101.6	91.2	80.8	70.4
Chute de température $= \frac{52}{\text{nombre de caisses}}$	$t'' - t'$	52°	26	26	17.3	17.3	17.3	13	13	13	13	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
Surface de chauffe en m².........	$= S.$	100	100	97.84	100	96.34	99.4	100	95.5	98.0	100	100	95.1	96.8	98.[illegible]	100 3
Coefficient de transmission de la chaleur	$= K.$	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Chaleur transmise par m² et par minute	Q.	114.400	56.200	44.965	38.060	36.666	37.833	28.609	27.513	28.028	28.600	22.880	21.759	21.667	22.592	22.969
Poids de la vapeur condensée dans le faisceau tubulaire	D.	216.3	108.3	102.5	72.1	67.9	68.5	54.1	51.2	51.4	51 5	43.3	40.3	40.2	42.1	42.9
Poids de l'eau vaporisée par la surface de chauffe.................	W.	208	102.5	103.8	67.9	68.5	69.1	50.9	51.6	51.7	51.9	40.7	40.6	40.0	41.3	41.5
Chaleur abandonnée par la vapeur pendant la condensation........	r"	827.7	527.7	546	527.7	540	552.3	527.7	537	545	555	527.7	535	539	537	536
	$\lambda' - t_0$	549	557.73	538.8	560.35	555.5	547.5	561	533	542	551	562	532	540	547	554

Si l'on transporte ces données dans le travail à l'usine ou si l'on admet que 100 kilogs de betterave donnent 140 litres de jus qui arrivent au multiple effet avec une température de 75° et qui devront être évaporés à la densité de 27° Bé par exemple, ce qui est une bonne moyenne de travail, le travail de 250 tonnes de betteraves par jour nécessitera une évaporation de 250 $\times$ 14 = 3500 hectolitres de jus à 1.045, ce qui représente 700 hectolitres de sirop à 27°. Il faudra donc vaporiser 2.800 hectolitres d'eau, soit par heure 116 hectolitres.

Le multiple effet sera donc établi ainsi au point de vue de la surface de chauffe :

	Pour 250 tonnes	Pour 1 tonne
Simple effet........	94	0,04
Double —	185	0,07
Triple —	278	0,11
Quadruple	377	0,15
Quintuple	472	0,19

Dans les conditions normales de la pratique on admet qu'on vaporise par mètre carré heure : à double effet 30 kilos à triple effet 20 kilos et à quadruple effet 7 kilos.

Les données ci-dessus, absolument théoriques, devront être augmentées d'environ 25 0/0 pour rester dans les conditions réellement pratiques.

Le coefficient de transmission de la chaleur a été admis à 22 par H. Jelinek. Mais il résulte d'expériences plus récente d'Horsin-Deon, que ce chiffre n'est pas constant, qu'il varie avec chaque caisse et qu'il dépend de la hauteur de jus dans les caisses. Claassen a trouvé de son côté que ce coefficient était de 20 à 30 0/0 plus grand daus les deux premières caisses et de 10 à 20 0/0 plus grand également pour la troisième caisse que lorsque la colonne de jus est élevée. C'est ce qui explique les bons effets du ruissellement.

Jelinek a refait de nouvelles expériences avec des appareils à effet multiple. Ainsi, pour un quadruple effet de 960 mètres carré, il a trouvé que le coefficient de transmission était de 29,5 pour la première caisse, 25,57 pour la deuxième, 19,72 pour la troisième et 10,75 pour la quatrième.

Deux triple effet ont donne les coefficients suivants :

	Triple effet Wellner-Jelinek	Triple effet vertical
1er caisse..................	25,7	37,664
2e caisse..................	23,5	16,17
3e caisse..................	15,2	5,65

Tout récemment Matousck a repris la question du coefficient de transmission des appareils à évaporer. D'après lui et les auteurs cités précédemment, ce coefficient est fonction de la substance des tubes, de la chute de température, de la densité du jus, de sa chaleur spécifique et de sa hauteur dans la caisse. Matousck a exprimé en une formule toutes ces influences.

$$K = 150^{(t''-t')^{0,036}} - 100\left[\sqrt[4]{\frac{s'+s''}{2}}\left(\frac{d'+d''}{2}\right)^{\frac{1}{4}}\right]^{0,22}$$

Dans cette formule :

K est le coefficient de transmission.

t' la température d'ébullition du jus $= \dfrac{t''}{\sqrt[3]{\dfrac{s'+s''}{2}}}$

t'' la température d'ébullition de l'eau quand le jus bout à t'

s' chaleur spécifique au commencement de la concentration $= 1 - 0{,}0057\ B'$ (B' étant le degré Brix initial).

s'' la chaleur spécifique après la concentration : $1 - 0{,}0057\ B''$ (B'' = Degré Brix après évaporation).

d' = Densité initiale de la solution.

d'' = Densité finale de la solution.

On trouve ainsi les nombres suivants :

	Triple effet	Double effet
	—	—
1re caisse........................	27	49
2e caisse........................	21	38
3e caisse........................	15	»

Il est intéressant d'examiner, étant donnée la pression dans

chaque caisse et la température, quel est le volume occupé par les vapeurs engendrées par rapport au poids de l'eau.

Ce volume est facile à calculer par la formule :

$$V = \frac{4,543\,(273 + t)}{p}$$

t = la température.
p = la pression en atmosphères.

C'est ce qu'on nomme le volume spécifique de la vapeur d'eau ou volume occupé par un kilogramme de cette vapeur et exprimé en litres.

Par exemple si $t = 60°$ et $p = 152$ m/m $= 0$ atmosphère 2, le volume spécifique est 7 m³, 564. Cet exemple pris dans le quintuple effet où la pression est le plus réduite, montre que les dégagements et les communications des caisses doivent être très larges. Le même exemple pris pour la première caisse d'un triple effet donne pour le volume spécifique de la vapeur à $t = 94°6$, $p = 648$ m/m $= 0$ atmosphère 85, le volume de 2 mètres cubes.

On est dans de bonnes conditions lorsque, pour un triple effet de 250 tonnes, les sections ont 500 à 600 de diamètre.

Il est facile de calculer quelle est la section à donner aux communications que la vapeur doit parcourir pour passer d'une caisse dans le faisceau tubulaire suivant, dès l'instant qu'on fixe à 20 à 30 mètres le maximum de vitesse de cette vapeur dans la conduite.

Jelinek a avancé que des expériences pratiques lui avaient démontré que même la vitesse de 60 mètres par seconde n'exerce aucune influence nuisible et que la pression du liquide bouillant est la même que dans le faisceau tubulaire suivant.

Avec des vitesses aussi grandes, il faut éviter les coudes brusques qui provoquent des pertes de charge, c'est-à-dire des différences de pression. La section a donner aux communications se déduit de la formule.

$$q = \frac{S\,D}{60\,v\,p.}$$

dans laquelle :

D = poids de la vapeur engendrée dans la caisse par mètre carré et par minute.

q = la section de la communication en mètre carré.

v = la vitesse maxima adoptée de la vapeur en mètres par seconde.

S = la surface de chauffe de la caisse.

p = le poids d'un mètre cube de vapeur à la pression de la caisse.

La soupape d'introduction de la vapeur d'échappement dans la première caisse doit se faire librement, sans qu'il y ait étranglement. Cet étranglement n'a lieu que pour les détendeurs de vapeur.

La section de cette soupape est facile à calculer par la formule

$$D = \frac{Q}{r''}$$

pour laquelle nous donnons plus loin les indications relatives aux lettres :

$$Q = KS\,(t'' - t')\,;\ r'' = 607 - 0{,}708\ t''$$

Ayant ainsi la quantité de vapeur à faire passer par la soupape la section de celle-ci sera donnée par la formule

$$F = \frac{D}{30 \times 60 \times 0.8874}$$

dans laquelle 30 est la vitesse de la vapeur, en mètres par seconde, 60 le nombre de réduction pour les secondes et 0,8874 le poids d'un mètre cube de vapeur à la pression de 1/2 kilo. Si la pression est autre, on emploie le nombre correspondant. On trouverait ainsi que pour $S = 100\ m^2$; $t'' - t, = 17°{,}3$; $K = 22$, on a :

$$Q = 100 \times 17.3 \times 22 = 38.060 \text{ calories et pour } t'' = 112°$$

$$r'' = 607 - 0{,}703 \times 112 = 527.7$$

$$D = \frac{38.060}{527.7} = 26 \text{ kilos par minute}$$

et en substituant

$$F = \frac{72}{30 \times 60 \times 0.8874} = 4 \text{ décim}^2.50$$

soit un diamètre de 240 mm.

On calculerait de même la section de la soupape de vapeur.

3. — Pompes à air et accessoires.

Le vide est fait dans l'appareil à évaporer au moyen des pompes à air.

L'aspiration, comme nous l'avons dit, doit être faite par l'intermédiaire d'un tuyau à large section. Aujourd'hui on n'hésite pas à donner à ces sections un diamètre qui va souvent jusqu'à 1 mètre et plus. Dans ce cas on dispose au-dessus des appareils une grosse conduite dans laquelle débouche chaque caisse. On isole ensuite au moyen de parois médianes. Dans ce cas, ces conduites remplissent l'office de ralentisseurs. Dans d'autres usines au lieu d'employer cette grosse conduite on intercale un ralentisseur entre chaque caisse. Ces ralentisseurs ont été inventés par Holdek (fig 65). Ils se composent d'un gros cylindre horizontal de diamètre variable, allant jusqu'à 2 mètres et ayant 2 à 3 mètres de longueur. On dispose dans ce cylindre, perpendiculairement à l'axe une ou plusieurs tôles perforées qui ont pour but de briser la veine gazeuse. En outre, l'épanouissement de la section de la conduite, même lorsqu'on supprime la tôle perforée du ralentisseur, ce qu'on fait quelquefois, suffit pour diminuer la vitesse du courant gazeux et pour provoquer le dépôt des vésicules sucrées entraînées.

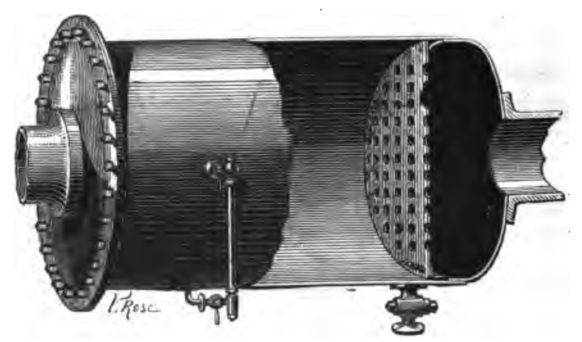


Fig. 65.

Ces vésicules se rassemblent à la partie inférieure et se rendent dans la caisse précédente, c'est à dire dans celle d'où elles proviennent. La somme des sections des ouvertures de la

ou des tôles perforées doit être supérieure à la section de sortie du ralentisseur afin qu'il n'y ait pas perte de charge.

Les avis sont partagés sur l'opportunité qu'il y a à envelopper les ralentisseurs d'une enveloppe calorifuge. Vivien croit qu'il est nécessaire qu'il y ait une légère condensation des vapeurs afin que les vésicules très ténues soient rassemblées par le léger brouillard que forme l'abaissement de température des vapeurs.

Nous croyons pour notre part que les ralentisseurs placés entre les caisses ne doivent pas être refroidis, car lorsqu'on a une installation de réchauffeurs, la chaleur perdue ainsi se

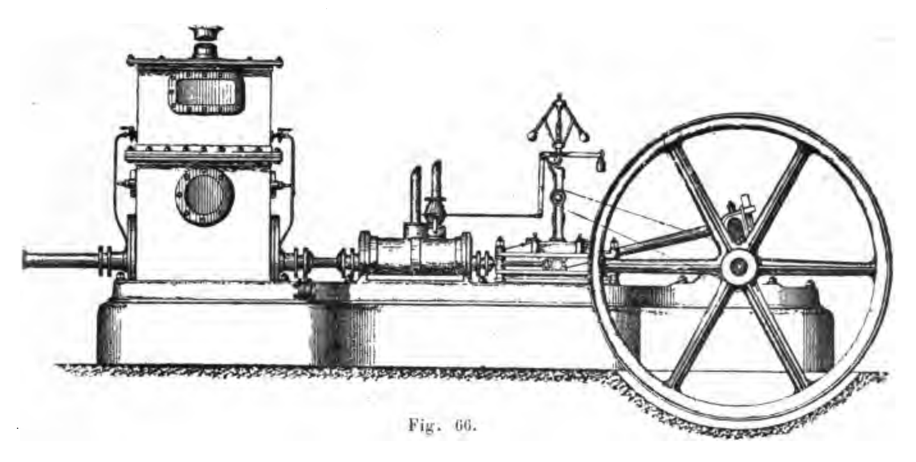


Fig. 66.

manifeste par une augmentation de combustible dans une autre partie de l'usine.

Un tube de niveau complète l'installation du ralentisseur.

On a imaginé de remplacer les tôles perforées par une manière inerte, de la tournure ou paille de fer. Les résultats obtenus sont très bons, car cette matière filtre parfaitement les vapeurs et retient toutes les parties condensables.

Le vide se fait par des pompes à air qui sont soit humides, soit sèches. Les premières sont de plus en plus rejetées des usines, remplacées par les secondes qui donnent un vide plus parfait.

Une pompe à air humide se compose d'une machine à vapeur horizontale (fig. 66 et 67). Dans le prolongement de la tige du pis-

ton se trouve un second cylindre plus large, dans lequel se meut sans frottement aucun un autre piston en bois B ou en fonte sans segment métallique. Au-dessus de ce cylindre ou cylindre à eau, se trouve la distribution. Celle-ci se fait par clapets cc′ en fonte garnis d'une plaque de caoutchouc. La boîte dans laquelle sont les clapets est en communication avec un cylindre en fonte large qui est le prolongement de la conduite des vapeurs de la dernière caisse. Ce cylindre en fonte est pourvu dans son axe d'un autre cylindre en tôle perforée, dans lequel on injecte

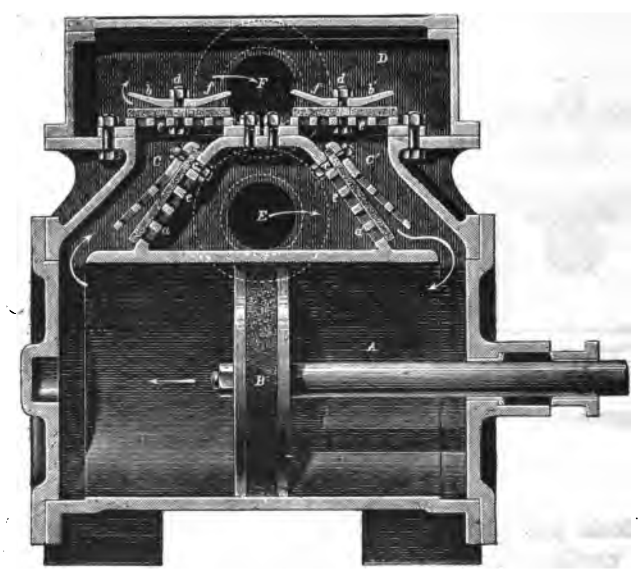


Fig. 67.

de l'eau. Un robinet ou une soupape règle l'adduction de l'eau et la tige de commande de cette soupape est à la portée de la main de l'ouvrier évaporeur. Cette eau sert à condenser les vapeurs d'ébullilion de la dernière caisse et à provoquer ainsi le vide dans cette caisse. L'eau chaude condensée se rend par pente naturelle dans la boîte de distribution de la pompe, elle est aspirée par la pompe et rejetée au dehors.

La température généralement élevée de cette eau provoque rapidement le dépôt de matières calcaires sur les parois du

condenseur et du cylindre à eau. C'est pour cela que le piston n'est pas étanche. Il en résulte que le rendement de ces machines est peu élevé et, en pratique, on ne doit pas compter sur un rendement supérieur à 60-70 0/0 du rendement théorique. Le condenseur en tôle se couvre de tartre très vite, les trous se bouchent. Dans ce cas on le retire de temps en temps et on le remplace par un autre. Il suffit de cuire la tôle pour faire tomber le dépôt solide et de la battre avec un maillet de bois pour remettre le condenseur en état de fonctionner.

Les pompes à air humide font une assez grande dépense de force et on compte pour un travail de 250 tonnes 15 à 18 chevaux-vapeur absorbés.

La quantité d'eau nécessaire, c'est-à-dire le débit de la pompe est facile à calculer.

Pour un triple effet, par exemple dans lequel on admet que la troisième caisse fait seulement le tiers de l'évaporation, 250 tonnes de betteraves représentent 2.800 hectolitres d'eau à vaporiser, soit pour la troisième caisse, sensiblement 1.000 hectolitres. Cette eau sort de la troisième caisse à l'état de vapeur à la température de 60° emportant avec elle 625 calories par kilog. soit au total 62.500.000 calories. Si donc on admet que l'eau entre au condenseur à 15° et en sorte à 40° l'eau

nécessaire $x = 100.000 \text{ kil.} \times \frac{625 - 40}{40 - 15} = 23.400$ hectolitres

La pompe aura donc à débiter 23.400 hectolitres plus 1.000 hectolitres d'eau provenant de la vapeur condensée = 24.400 hectolitres par 24 heures, soit 17 hectolitres par minute.

Cette quantité d'eau sera naturellement plus grande si la température de sortie de l'eau condensée est plus basse, et si l'eau de condensation est plus chaude. Ainsi pour 35° et 20° elle serait de 40.000 hectolitres. En ramenant à la tonne de betterave on trouve pour ces deux cas 100 et 400 hectolitres.

Parallèlement à la pompe à air et actionnées par son volant se trouvent les pompes ammoniacales F qui ont pour but d'extraire des faisceaux tubulaires l'eau qui s'y est condensée et qui provient de la vapeur de jus (fig. 68).

En général l'extraction de l'eau condensée de la première caisse se fait par un retour ordinaire à flotteur, parce que dans

cette caisse, il n'y a pas de vide mais bien une pression de 0 k. 5. Cependant il n'y a aucun inconvénent à ce que l'extraction de cette eau se fasse par une pompe. Celà est même pré-

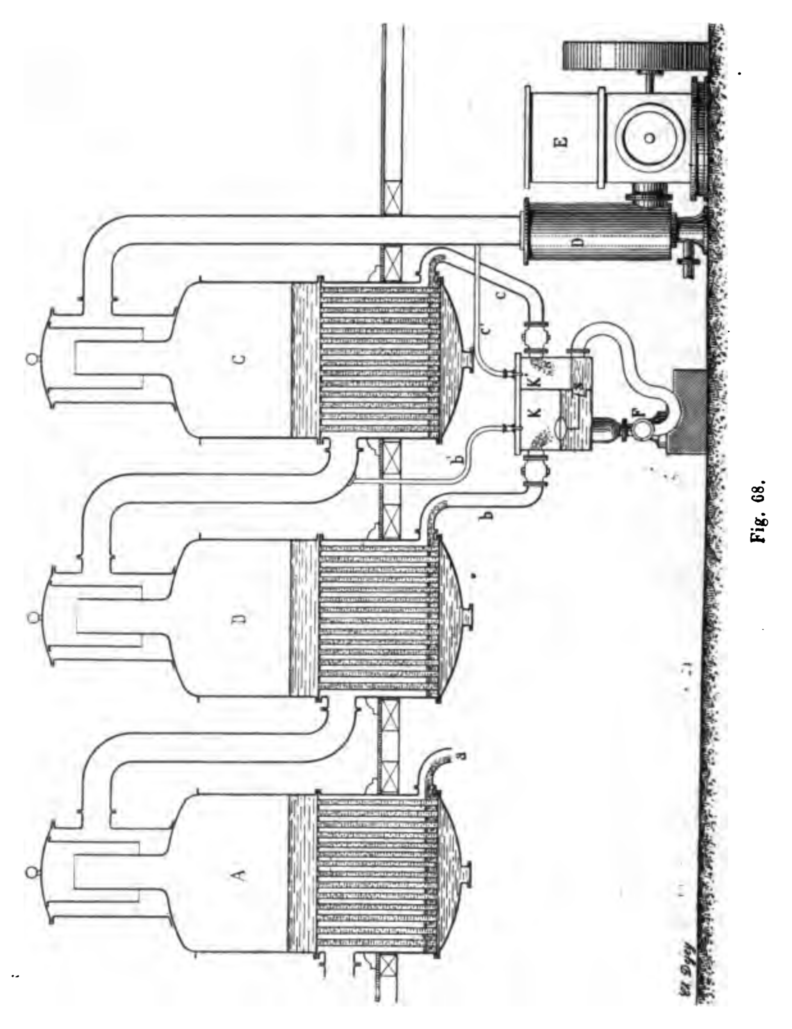


Fig. 68.

férable et la marche est plus régulière. Les pompes ammoniacales doivent être largement calculées pour que leur débit ne soit jamais maximum. L'eau qui sort de la caisse se rend dans

un collecteur en fonte, muni d'un regard K c'est dans ce collecteur que la pompe aspire. Cette eau doit être examinée de temps en temps sur un échantillon moyen pris mécaniquement, afin de rechercher les entraînements.

Lorsqu'elles ne renferment pas de sucre, ces eaux sont très alcalines par la présence de l'ammoniaque et on les utilise pour l'alimentation des générateurs. On les emploie aussi pour le dessucrage des tourteaux des filtres-presses.

Pour 250 tonnes de betteraves, il y a 2.800 hectolitres d'eaux ammoniacales, pour les trois pompes 0 hl 70 par pompe et par minute. Il faut donc compter largement pour ces pompes et admettre un débit de 1 hect. 1/2 par pompe.

Ces pompes sont de système ordinaire.

Pompes à air sèches. — Aujourd'hui on remplace les pompes à air humides par le condenseur barométrique et les pompes à air sèches et on fait une station centrale de vide, le plus souvent.

Le condenseur barométrique (fig. 69 et 70) se compose d'une chemise en tôle fonte C pouvant résister à la pression atmosphérique. Dans l'intérieur de cette chemise sont disposés des plateaux *a c d* ... *i* de telle sorte que l eau qui arrive par la conduite A se deverse par le rebord intérieur *b* sur le plateau *c*. De ce dernier l'eau s'écoule en *d* puis par le rebord *e* en *f* et ainsi de suite.

Il résulte de ce dispositif que les vapeurs qui arrivent en D, et qui sont aspirées par la pompe en B suivent la direction inverse de celle de l'eau de condensation, et comme les cercles des plateaux touchent presque la tôle du condenseur, il en résulte que ces vapeurs traversent les nappes liquides des cascades et se condensent parfaitement. Ce condenseur se nomme condenseur à cascades et à contre-courant. D'autres condenseurs comportent une pulvérisation d'eau faite dans la chambre supérieure.

L'eau, ayant condensé complètement les vapeurs, s'écoule par un tube vertical dont la bride d'attache est en E. Ce tube en fonte a une longueur d'au moins 10 mètres et vient se reposer à la partie supérieure dans une petite cuvette munie d'un trop-plein. L'eau en excès est prise par une pompe et rejetée ou employée de nouveau après refroidissement.

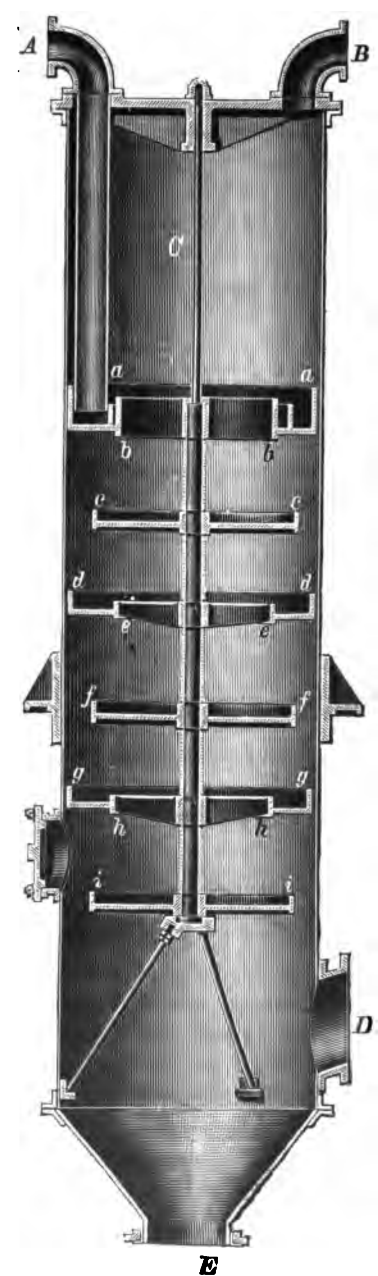


Fig. 69.

Le condenseur représenté fig. 69) sert pour la station centrale de vide. Les vapeurs arrivent dans une double chemise et se mélangent avant de pénétrer dans le condenseur.

En général on donne les dimensions suivantes au condenseur d étant le petit diamètre, D le grand diamètre et C la consommation maxima d'eau par minute et en hectolitres :

d	D	C
800	300	18
1.000	350	22
1.200	400	27
1.400	450	30
1.600	500	36
1.800	550	40
2.000	600	45

Les gaz non condensés se composent en partie de l'air dissous dans l'eau et des produits gazeux de décomposition des matières carboniques pendant l'évaporation.

Bunsen a donné les nombres suivants pour la quantité d'air que dissout l'eau à la pression de 760 millimètres.

Température —	Gaz par mètre cube Litres : —
0° C	24,71
5 —	21,79
10 —	19,53
15 —	17,95
20 —	17,04

Un condensateur à contre-courants bien construit doit réa-

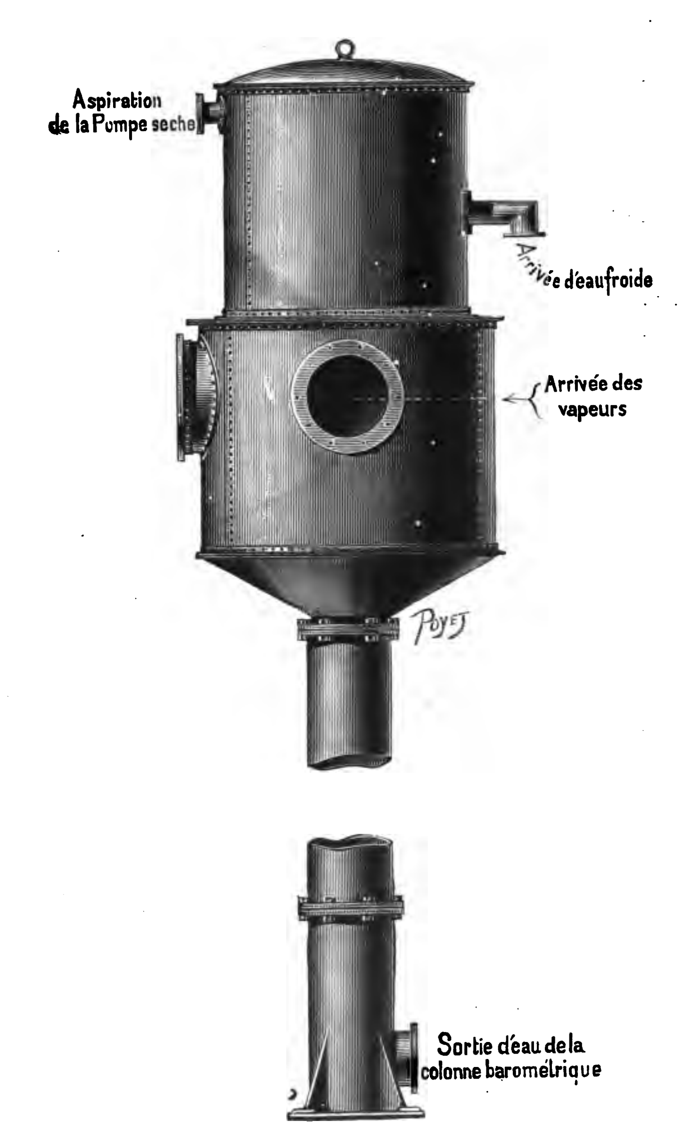


Fig. 70.

liser les conditions suivantes.

1. — Sa partie supérieure, et, en particulier, le tuyau qui fait communiquer avec la pompe à air doit être complètement froid à la main. Dans ce cas on est assuré que la pompe n'aspire que de l'air, car dans un mélange froid de gaz et de vapeur d'eau, cette dernière ne peut exister qu'en petite quantité. La puissance de la pompe et le travail qu'elle est obligée de donner sont alors réduits le plus possible.

2. — L'eau chaude qui sort doit s'échauffer complètement jusqu'à la température qui correspond à celle du vide, c'est-à-dire qu'on doit injecter autant d'eau qu'il est nécessaire pour atteindre cette température. On évite ainsi un travail supplémentaire dû à l'élévation d'une quantité inutile d'eau.

Il existe d'autres condensateurs que ceux à injection d'eau. Ce sont les condensateurs à surface qui sont analogues aux réchauffeurs. Mrazek a donné la marche théorique de ces appareils. Nous résumons son travail aux formules qui le feront facilement comprendre.

La chaleur abandonnée à l'eau froide est par minute.

$$D\,(606.5 - 0.695\,t) = K\,(t - T)\,c \qquad (1)$$

dans la laquelle :

D est la quantité de vapeur en kilog, à condenser par minute ;

t la température qui correspond au vide ;

K la surface de refroissement ;

T la température de l'eau froide ;

c le coefficient de transmission par mètre carré et pour un degré de chute par minute.

La chaleur transmise à l'eau froide est employée :

1° A chauffer l'air extérieur qui entre dans la chambre d'évaporation.

Cette chaleur est égale à :

$$L_e \times 1.293 \times 0.237\left(1 - \frac{S_e}{760}\right)(t_a - t_e) =$$

$$0.3\left(1 - \frac{S_e}{760}\right)(t_a - t_e)\,L_e \qquad (2)$$

formule dans laquelle :

L_e est le volume d'air en mètres cubes par minute ;

S_e le maximum de tension, en millimètres de mercure, de la vapeur à la

t_e température de l'air extérieur, qui se rechauffe à la :

t_a température de la chambre d'évaporation de l'appareil.

1.293 = poids d'un litre d'air à 0° et à 760.

0.237 la chaleur spécifique de l'air sous pression constante.

2° A l'augmentation du maximum de tension S_e correspondant à la température t_e de la vapeur d'eau se mélangeant à l'air introduit, à la tension S_a correspondant à la température t_a.

L'échange de la température est :

$$L_e \times 1.293 \times 0.6225 \frac{S_e}{760} \times \frac{273}{273 + t_e} \times 0.307 \, (t_a - t_e$$

$$= 0.0882 \frac{S_e}{273 + t_e} (t_a - t_e) \, L_e \qquad (3$$

formule dans laquelle 0,6225 est le poids spécifique de la vapeur d'eau rapporté à l'air = 1.

3° A l'évaporation de l'eau froide introduite dans le condenseur qui emploie la chaleur suivante :

$$W \, [606.5 + 0.305 \, (t_a - T)]$$

formule dans laquelle

W est la quantité d'eau en kilos à évaporer par minute ;

T = la température moyenne de l'eau froide.

La somme des chaleurs contenues dans les équations (2), (3), (4), doit être égale à celle de l'équation (1).

$$0.3 \left(1 - \frac{S_e}{760}\right) (t_a - t_e) \, L_e + 0.0882 \frac{S_e}{273 + t^e} (t_a - t_e) \, L_e$$
$$+ W \, [606.5 + 0.305 \, (t_a - T)] = D \, (606{,}5 - 0.695 \, t) \qquad (5)$$

La température de l'eau qui sort après la condensation est généralement de 55°, celle de l'eau qui passe dans le condenseur de 40-45°.

Les gaz non condensés sont aspirés par B et se rendent à la pompe sèche (fig. 71 et 72). Les modèles de pompes sèches sont nombreux. Les plus répandus sont à moteur direct et les cylindres à vapeur et à air sont en tandem sur la même tige de piston. En général une circulation d'eau froide du cylindre à air complète l'installation de la pompe. Un manomètre donne

à tout instant le vide. La distribution de la pompe se fait par tiroir-plan.

Le vide obtenu au moyen des pompes sèches est de 70 à 72 centimètres. La pression n'est donc plus que de 6 à 4 centimètres de mercure, la pression initiale étant 76 centimètres.

En général, on peut faire commander les pompes ammoniacales par la pompe sèche, mais on peut aussi avoir une installation spéciale de ces pompes actionnées par moteur direct ou par transmission par courroies.

L'eau nécessaire au service du condenseur barométrique est élevée dans un bac en charge sur cet appareil et la soupape de réglage de l'admission de l'eau est à la portée de l'ouvrier évaporeur.

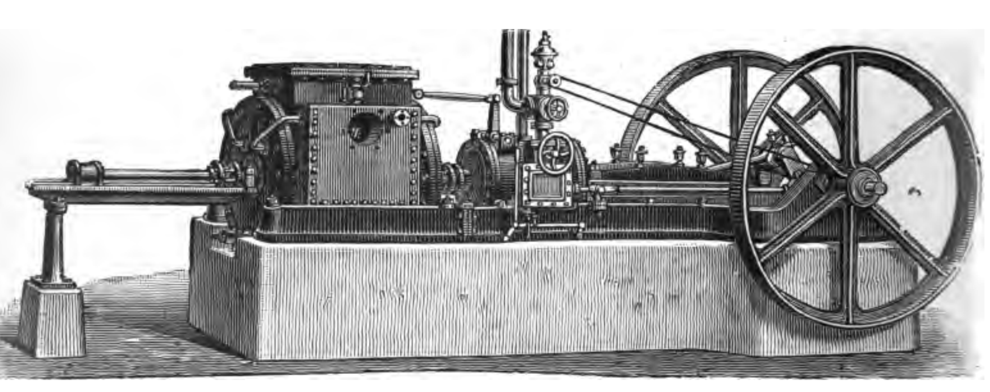


Fig. 71.

Un condenseur qui fonctionne dans de bonnes conditions doit laisser sortir l'eau à la température des vapeurs du liquide qui bout dans la dernière caisse.

En effet, supposons que le liquide qui bout dans la dernière caisse donne des vapeurs à 60° ce qui correspond à un vide de 61 cent. ou une pression de 15 mm. de mercure. Tant que la température sera de 60°, cette pression ne changera pas, et réciproquement, et restera la même dans le condenseur et la caisse. Mais, si par suite d'une quantité insuffisante d'eau la pression monte à 23 cent. de mercure = 53 cent. de vide, la température s'élèvera aussi à 70°. De même une augmentation de l'eau abaissera la pression. Il faut donc, pour que l'équilibre

existe que l'eau sorte à la température des vapeurs de jus de la dernière caisse, car cette eau, si elle est plus chaude, émet des vapeurs qui tendent à rétablir l'équilibre et si elle est plus froide, elle condense de suite de la vapeur et la pression, s'abaisse.

En pratique il n'en est pas ainsi, et on ajoute généralement trop d'eau par suite de la construction défectueuse des appareils. En outre, il est une température au dessous de laquelle on ne peut pratiquement descendre, quelle que soit la quantité d'eau employée au condenseur.

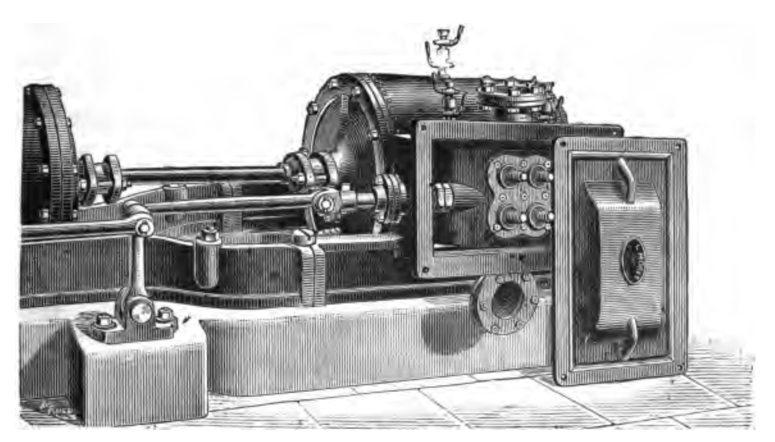


Fig. 72.

Si donc une eau sort à 35-40°, c'est qu'on en emploie trop.

L'élévation de température de l'eau du condenseur ne se fait qu'avec la chaleur latente de vaporisation de la vapeur.

Aussi 1 kilg. de vapeur à 60° contient 625 calories pour la chaleur totale, dont 565 calories pour la chaleur latente de vaporisation. La condensation de cette vapeur donne 1 kil. d'eau à 60°., et si l'eau d'injection est à 15°, chaque kilg. de cette eau doit prendre 45 calories à la vapeur pour sortir à 60. Il faut donc $\frac{565}{45} = 12$ kil. 55 d'eau de condensation.

4. — Circulateurs et réchauffeurs.

Nous avons, à dessein, dans la description de l'appareil d'évaporation à effet multiple, laissé de côté la description des réchauffeurs et des circulateurs. Les nécessités économiques de l'industrie moderne ont contraint les fabricants de sucre à produire le sucre avec le minimum de frais de fabrication; aussi la question du charbon brûlé joue-t-elle un rôle considérable pour les usines placées à de grandes distances des centres d'approvisionnement de charbon.

L'installation des chauffages permet de considérer l'appareil d'évaporation comme un générateur de vapeurs à basse pression destiné à chauffer tous les jus et sirops de l'usine. La vapeur qui sort des générateurs n'a plus dès lors que trois emplois, force motrice, évaporation, cuite.

De nos jours, on tend à centraliser tous les services de l'usine dans une seule main. C'est ainsi que la force motrice est condensée dans un moteur unique distribuant l'énergie partout au moyen de l'électricité. Cette question entre déjà dans le domaine de la réalisation. Nous la traiterons plus loin.

Les réchauffeurs ne sont employés qu'avec les appareils à quadruple et à quintuple effet, où avec les triple effet munis d'un circulateur. Ce dernier appareil peut également être utilisé avec les quadruple effet.

Le *circulateur* est surtout employé dans les usines dont les machines motrices ne consomment que peu de vapeur, et dont la vapeur de retour ne sert pas exclusivement au chauffage de l'appareil à évaporer. On est alors obligé de prendre de la vapeur vive des générateurs. Il en résulte que la tension dans le ballon des retours s'élève si l'on ne se sert pas de soupape équilibrée, et la contre-pression se fait sentirr sur la marche des moteurs. Afin d'éviter cet inconvénient, on emploie le circulateur qui se compose d'un gros calorisateur tubulaire et fermé, communiquant avec la première caisse. Ce circulateur est chauffé avec la vapeur vive. Le retour de la vapeur condensée se fait dans le ballon de vapeur des retours, et comme ce ballon est muni d'un collecteur d'eau, celle-ci est

utilisée pour l'alimentation des générateurs. Le circulateur communique avec la première caisse par le fond, au moyen d'un tuyau à large section. C'est par ce tuyau qu'arrive le jus. Ce jus traverse les tubes du circulateur, et rentre dans la première caisse au dessus de la plaque tubulaire pour refaire le même chemin en repassant, par le gros tube central de la caisse.

Lorsqu'on chauffe le circulateur, la circulation du jus devient très vive, la vapeur dégagée se rend dans la première caisse, tandis que celle de la première caisse va chauffer la seconde. Cet appareil a, en somme, pour utilité d'augmenter la surface de chauffe de la première caisse.

Les jus qu'il est nécessaire de porter à une température élevée et pour lesquels on peut employer la vapeur de jus sont : le jus de diffusion dans la batterie, le jus à la sortie de la batterie avant chaulage, le jus avant carbonatation et après chaulage, le jus après deuxième carbonatation, le sirop avant filtration, le sirop dans l'appareil à cuire.

Tous ces chauffages s'effectuent soit au moyen des rechauffeurs, soit au moyen de la vapeur de jus employée à la place de la vapeur vive.

Jusqu'ici les chauffages se faisaient avec de la vapeur à 4-5 kilos de pression, c'est-à-dire possédant une température de 152 à 160°, ce qui n'est pas nécessaire dès qu'il s'agit d'échauffer seulement un liquide et non pas de le porter à l'ébullition. La différence entre le nombre des calories disponibles est, en effet, égale à la différence des degrés, ce qui peut-être négligé par rapport à la chaleur totale.

Ces considérations ont trouvé une application pratique en sucrerie en scindant les générateurs en deux batteries à haute et basse pression, cette dernière réservée, comme nous le verrons plus loin, aux chauffages.

Quoiqu'il en soit, une vapeur à 1 kilog, à 1 k. 5 de pression suffit amplement pour le service de l'évaporation et du circulateur et pour tous les cas de l'évaporation et de la cuite. La température de la vapeur correspondante à ces pressions est de 120° à 128°.

En général, et pour un quadruple effet, on fait un prélèvement de vapeur de jus de la première caisse. Ces vapeurs pas-

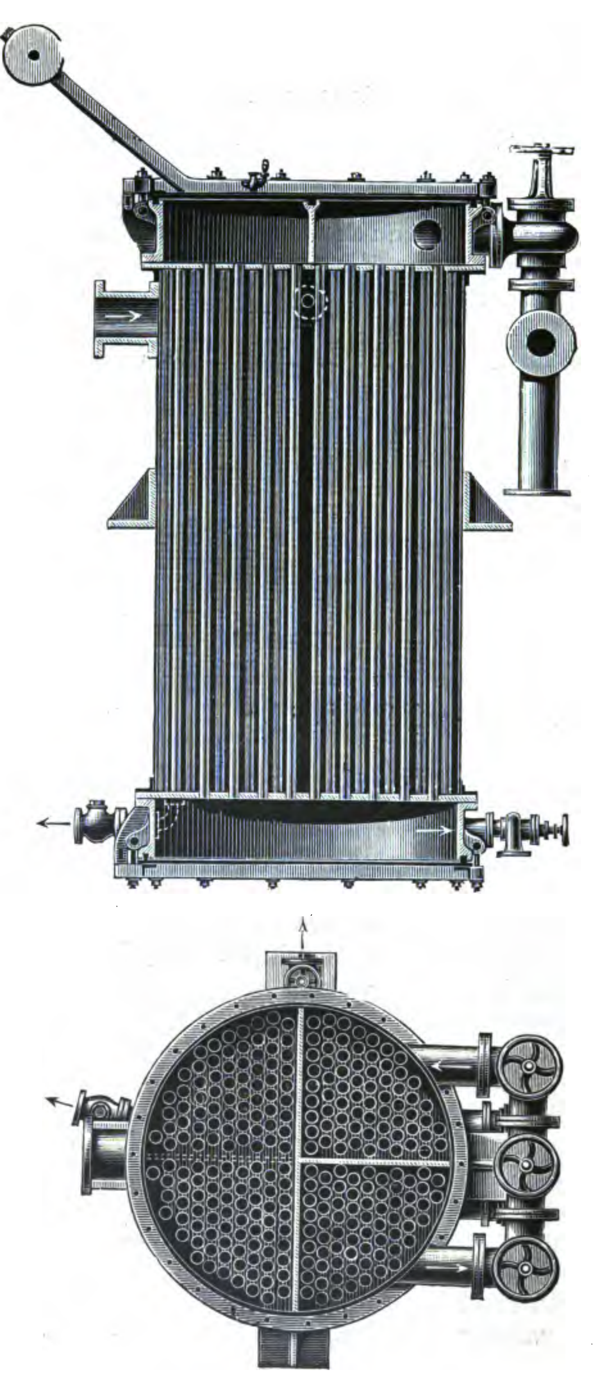


Fig. 73.

sent dans des réchauffeurs qui sont traversés par le jus allant

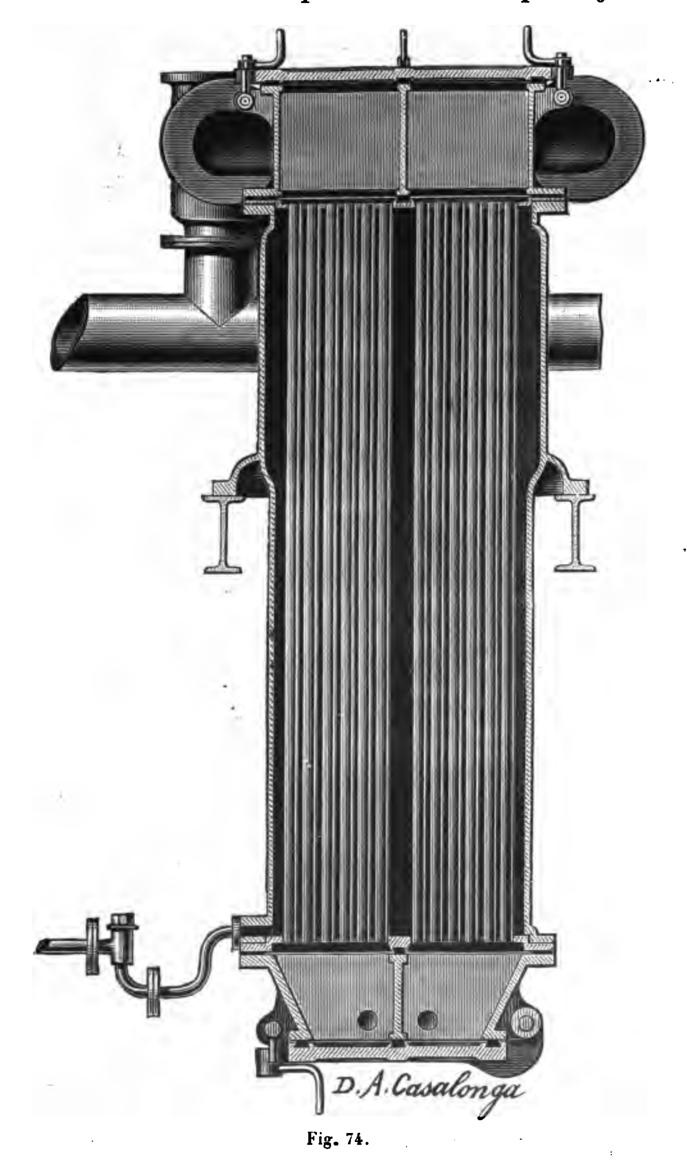


Fig. 74.

à la deuxième carbonatation et par le jus filtré allant à l'évapo-

ration celui-ci est porté à 98° à 100°. La températnre du premier doit être portée à 100°. En outre, une prise alimente les réchauffeurs à sirop avant la filtration, portant la température du liquide à 85 — 90°

La première caisse chauffe en outre la seconde. Les vapeurs de jus de la seconde caisse servent au chauffage de la troisième, et, en outre, au service des réchauffeurs de jus brut à la sortie de la diffusion et de jus après première carbonatation et filtration. La température du premier est portée à 85°, celle du second à 90-95°.

On est dans de bonnes conditions lorsque, la première caisse ayant 250 mètres carrés les réchauffeurs à jus de deuxième avant carbonatation ont 35 mètres carrés, ceux de jus de deuxième avant évaporation ont 45 mètres carrés et ceux de sirop 25 mètres carrés.

Dans ce cas, la deuxième caisse a 200 mètres carrés, les réchauffeurs à jus brut ont 20 mètres carrés et ceux à jus après première carbonatation ont 35 mètres carrés.

Les températures de la vapeur pour chaque caisse doivent avoir respectivement 105°, 95°, 80° et 65°.

Les chiffres ci-dessus s'appliquent à un travail de 250 tonnes de betteraves par jour.

Dans les anciennes installations avec triple effet, ou dispose entre la dernière caisse et le condenseur un grand réchauffeur tubulaire ayant une surface de 40 mètres carrés pour 250 tonnes et que traverse le jus chaulé avant carbonatation. Le degré de température que procure ce rechauffeur n'est pas considérable, 15° au plus et pas toujours.

Un réchauffeur fig. 73, 74 et 75 se compose d'un cylindre en tôle maintenu par deux oreilles en fonte sur des fers double à T. Deux plaques tubulaires maintiennent tout un faisceau tubulaire étroit dont les tubes ont un diamètre intérieur de 40 à 45 mm. Ces tubes sont fractionnés en plusieurs faisceaux dont les entrées et sorties permettent au jus de parcourir successivement chacun des faisceaux. Le jus froid arrive à la partie supérieure, descend dans le premier faisceau, puis remonte dans le second, redescend dans le troisième et ainsi de suite. Au début, les réchauffeurs se faisaient à 4 circulations, aujourd'hui on en fait à 8 et plus. La circulation dans

les tubes est très rapide, ce qui facilite l'échange de la température. La sortie se fait également par la partie supérieure. Des flèches venues de fonte sur les tubulures indiquent la marche du jus. On complète les réchauffeurs par l'adjonction de

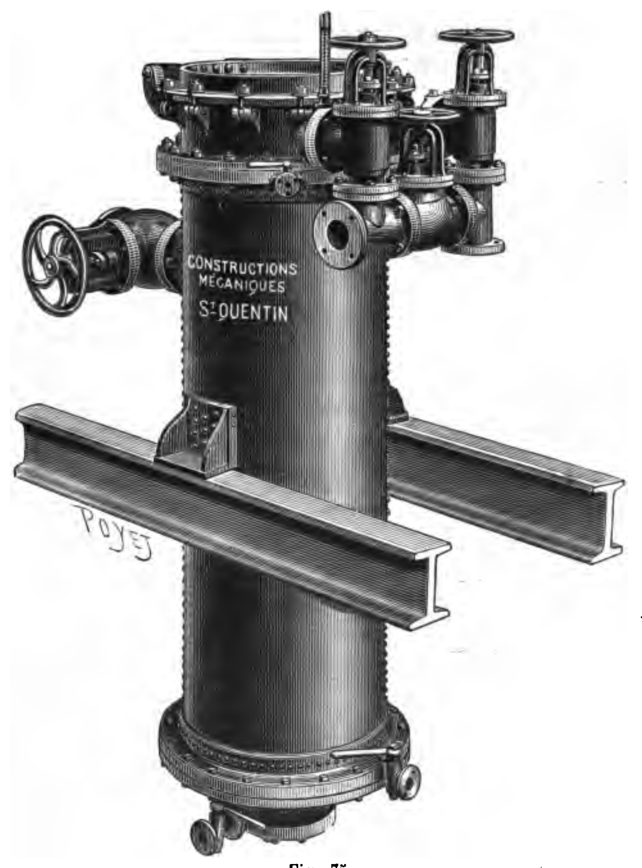


Fig. 75.

deux thermomètres à l'entrée et à la sortie, d'un couvercle avec joint de caoutchouc et contre poids pour le nettoyage des tubes, d'un retour d'eau de condensation à la partie inférieure et d'une tubulure d'arrivée de la vapeur de chauffage. Cette vapeur se répand uniformément dans tout l'espace intertubulaire sans qu'il y ait de chicanes pour lui faire suivre un che-

min déterminé. Ces chicanes seraient d'ailleurs inutiles parce que la condensation de la vapeur suffit pour provoquer un appel de la vapeur de la caisse.

La circulation rapide des jus dans les tubes a aussi l'avantage d'éviter leur incrustation.

Entre chaque réchauffeur se trouve placée une soupape sur la conduite afin de permettre l'isolement et le nettoyage.

L'eau de condensation des réchauffeurs doit être souvent analysée pour rechercher les fuites.

La tête des rechauffeurs est en fonte.

Pauly a cherché à évaluer l'économie qui résulte de l'emploi des réchauffeurs.

Soient t_0 la température du jus entrant dans le circulateur = 108°,9 t', la température d'ébullition = 121°,5 t'' la température de la vapeur de chauffage = 129° (1,5 atm.)
ρ la chaleur de la vapeur abandonnée par sa condensation
λ la quantité de chaleur nécessaire pour transorfmer 1 kilomètre d'eau du jus à t_0 en vapeur de jus à t'

$$\rho - 607 - 0{,}7\ t'' \qquad \lambda = 607 + 0{,}3\ (t' - t_0)$$

$$\frac{\rho}{\lambda} = \text{la quantité d'eau vaporisée}$$

Dans le cas cité par Pauly,

$$\rho - 516.7\ \lambda = 534{,}7 \qquad \frac{\rho}{\lambda} = 0.966$$

On peut admettre que la vapeur à 120° se condense en eau à 125° puisqu'il y a une pression de 1,25 atm dans le faisceau tubulaire. La vapeur n'abandonnera dès lors pas 516,7 cal., mais bien 52),7 et le rapport $\frac{\rho}{\lambda}$ devient 0,974, ce qui veut dire qu'un kilo de vapeur de chauffage produit 0 kilogr. 974 de vapeur de jus dans le circulateur.

Dès lors pour un travail de 900 tonnes de betteraves par jour Pauly a trouvé qu'il fallait évaporer par heure, pratiquement 67 hect. 375 d'eau correspondant à 5,9 kilogr. de vapeur par 100 kilogr. de betteraves. La chaleur de cette quantité de vapeur est utilisée deux fois.

En se reportant aux chiffres indiqués ci-dessus on obtient $53{,}9 \times 0{,}974 = 52{,}5$ kilogr. de vapeur de jus à 1 kilogramme de pression.

Pauly a trouvé qu'en effectuant tous les chauffages avec la vapeur de jus on prélévait les quantités suivantes de cette vapeur.

A la diffusion..	7 k. 38
Au réchauffeur de jus brut 65 à 90° (ce jus étant réchauffé d'abord à 65 par la 2e caisse et prenant 10 kil. 6 de vapeur de jus)..	4.94
A la cuite..	23
A la 2e carbonation et autres..	17. 18
Total.........	52.50

Pauly a calculé la consommation de vapeur d'une usine travaillant 300 tonnes de betteraves par jour, desservie

A par de la vapeur directe à 4 atm. travaillant dans un triple effet.

100 kilogs. de betteraves exigeaient les quantités de vapeur suivante, d'après Pauly et Horsin-Déon.

	Pauly p. 100 k. bett	Horsin-Déon p. 1 hect. de jus.
A la diffusion................	7.38	8
1er réchauffeur de jus brut.....	10.46	14
2e — —	4.94	
Deuxième carbonatation.......	4.90	6
Filtration....................	12.28	»
Evaporation avec vapeur de retour à 103°..................	46.60	30
Cuite dans le vide et reste.....	23	19
Total kilos....	109.56	77

B par de la vapeur à 1 kilo.

On a vu plus haut que le circulateur évapore 52 kilogr. 5 d'eau du jus, il reste donc pour l'appareil d'évaporation 136 — 52,5 = 8 kil. 5 d'eau à évaporer. Le réchauffeur alimenté par la 2e caisse porte le jus de 25° à 65° ce qui représente pour 100 kilogs. de betteraves (à 140 litres de jus) 5600 calories (4 × 440). La vapeur du 2e corps a 551 calories lorsqu'elle se condense à 80°. Le réchauffage du jus brut exige alors 5600 : 551 = 10 kil. 16 de vapeur de jus de la 2e caisse, lesquels exigent pour se produire 10,16 × 1,03 = 10 kil. 46 de vapeur de chauffage de la 1e caisse. Ces 10 kilogr. 46 jusqu'à

leur condensation à double effet (dans le circulateur et la 1re caisse) évaporent :

$$10,46 \times (0,962 + 0,971) - 20,23 \text{ kilogr. d'eau du jus}$$

Il reste donc pour évaporer à triple effet :

83,5 — 20,2 = 63 k. 3 d'eau du jus. Donc 1 kil. de vapeur de chauffage de la première caisse évapore à triple effet,

0,963 + 0,971 + 0,982 = 2 k. 916 d'eau du jus et l'évaporation des 63 k., 3 d'eau ci-dessus consommeront à triple effet :

$\frac{63.3}{2.916} = 21$ k, 6 de vapeur de chauffage. La consommation en vapeur vive se partage donc de la façon suivante :

Circulateur Pauly.		53.90
Appareil à évaporer.	10,46 + 21,6 =	32.06
		85.96

Le circulateur Pauly ou analogue permet donc une économie de 23,6 ou 21,5 p. 100. Cette économie est encore augmentée par ce fait que l'eau d'alimentation avec le circulateur est à 95° tandis qu'avec les appareils ordinaires elle est à 60°.

L'emploi de la vapeur détendue pour le chauffage de la cuite a fait l'objet du procédé Rillieux-Lexa qui date de 1883. D'ailleurs tous les procédés de chauffage par les vapeurs de jus sont dus à Rillieux.

En combinant les brevets de Rillieux et de Lexa on augmente le rendement des appareils d'évaporation, notablement par l'élévation de la vapeur de retour introduite à la première caisse de manière à obtenir une vapeur de jus à une température plus élevée. Cette vapeur sert à chauffer la cuite mais ce chauffage ne peut être prolongé jusqu'à la fin de la cuite parce que, à mesure que la concentration se produit la différence de températures $t'' - t_0$ devient de plus en plus faible. Il devient à partir de ce point, nécessaire de terminer la cuite avec de la vapeur vive.

5. — Marche de l'appareil d'évaporation.

Si l'on a suivi attentivement les explications théoriques que nous avons données sur la description de l'appareil d'évaporation, il sera facile de saisir dès à présent la marche de l'appareil

qui est très simple. On s'efforcera comme point capital d'obtenir un vide le plus grand possible à la dernière caisse, afin que le sirop qui s'y trouve dans son plus grand état de concentration ne soit pas soumis à une température trop élevée qui provoquerait son altération.

Lorsqu'on veut mettre l'appareil d'évaporation en marche, on commence par actionner la pompe à air afin de produire le vide dans la caisse à sirop et dans les autres caisses. On introduit alors du jus dans toutes les caisses en ouvrant les communications du jus de chaque caisse avec la suivante et on commence à chauffer, au début avec la vapeur dont on dispose, directe ou de retour.

Le jus de la première caisse ne tarde pas à entrer en ébullition, la pression augmente dans la caisse et la vapeur vient se condenser dans le faisceau tubulaire de la seconde caisse et porte également le jus de celle-ci à l'ébullition. Le phénomène se poursuit ainsi de proche en proche jusqu'à ce que le jus de la 3e caisse dégage des vapeurs.

Après un certain temps d'ébullition, la concentration s'est effectuée, le jus de la 1re caisse qui avait au début une densité initiale de 1,045, à perdu de son eau et sa densité s'est élevée à 1,120 par exemple. Le jus de la deuxième caisse a vu sa densité s'élever à 1.200 et celui de la troisième à 1.250. A ce moment on commence à faire l'extraction du sirop. Celle-ci se fait au moyen d'une pompe actionnée comme la pompe à air et qui aspire directement dans la troisième caisse. Cette pompe refoule dans un bac spécial en charge sur les filtres à sirop, ou si l'on sulfite, la pompe refoule dans les chaudières à sulfiter ou dans le bac qui se trouve au-dessus.

La pompe à sirop est quelquefois remplacée par un monte-jus, surtout dans les installations anciennes. Ce monte-jus est placé en contrebas de la caisse à sirop et il communique avec la partie supérieure de la caisse à sirop et avec la partie inférieure de la même caisse. En ouvrant les robinets de ces conduites, la pression de la caisse s'établit dans le monte-jus et le sirop s'écoule à l'intérieur de cet appareil. Lorsque ce dernier est plein, on isole le monte jus et on fait arriver de l'air comprimé ou de la vapeur qui chasse le sirop. Mais la pompe est préférable, et, avec elle, on peut faire une extrac-

tion méthodique et continue et régler ainsi la sortie du sirop.

A ce moment de l'évaporation, on ouvre la communication du jus entre les caisses, de même que l'alimentation en jus de la première caisse. Il ne reste plus qu'à surveiller cette alimentation pour que le niveau du jus ne s'élève qu'à quelques centimètres au-dessus de la plaque tubulaire de manière à réaliser le système le plus économique de ruissellement. Il faut certainement que ce soit la pompe à sirop qui soit le régulateur de l'extraction. Mais il faut aussi que la prise de la densité du sirop lui vienne en aide. On doit prendre cette densité souvent et régler le débit de la pompe en conséquence. En général cette densité doit être le plus haute possible, car l'évaporation dans l'appareil à effet multiple est plus économique que celle à simple effet faite dans l'appareil à cuire.

Le réglage de la vapeur a aussi une grande importance car de lui dépend la marche économique de l'évaporation. Dans les appareils munis de réchauffeurs on se rapproche autant que possible des indications données pour le vide dans le tableau de la page 169. Cependant depuis quelques années on laisse une pression assez élevée dans la première caisse. presque 1 kil. afin d'obtenir une vapeur plus chaude pour les réchauffeurs. La deuxième caisse est à la pression ordinaire, la troisième présente un vide de 20 à 24 cm., et la dernière 45 cm. Ce réglage du vide s'obtient facilement par la manœuvre de l'admission de la vapeur dans la première caisse et de la soupape d'eau du condenseur. Les nouvelles pompes sèches permettent d'obtenir un vide de 700 cm. entre le condenseur et la pompe, ce qu'on ne peut pas obtenir avec les pompes à air humides.

L'évaporeur doit, comme nous l'avons dit, attirer son attention sur le niveau du jus dans chaque caisse. Ce niveau doit être régulier au-dessus de chaque plaque tubulaire. Lorsqu'il est trop élevé on manœuvre légèrement la soupape intermédiaire.

Quelquefois, en fin de campagne ou lorsqu'on travaille des betteraves gelées ou poussées, les sirops moussent dans l'appareil, surtout dans le faisceau tubulaire de la caisse suivante. On remédie à cet accident en ajoutant par le robinet à beurre une petite quantité de beurre de coco qui abat la mousse.

L'ouvrier évaporeur doit aussi observer de temps en temps le vase de sûreté qui se trouve entre chaque caisse et s'assurer qu'il ne renferme pas de jus qui a pu être entraîné par un enlèvement. Dans ce cas il ouvrira le robinet qui fait communiquer ce vase avec la caisse précédente. Souvent, on laise ce robinet constamment ouvert.

La pompe à air doit tourner à sa vitesse de régime.

L'eau de condensation de l'appareil à évaporer doit pour un même vide et pour une même quantité de jus à évaporer être en quantité variable, suivant la température avec laquelle elle arrive dans le condenseur.

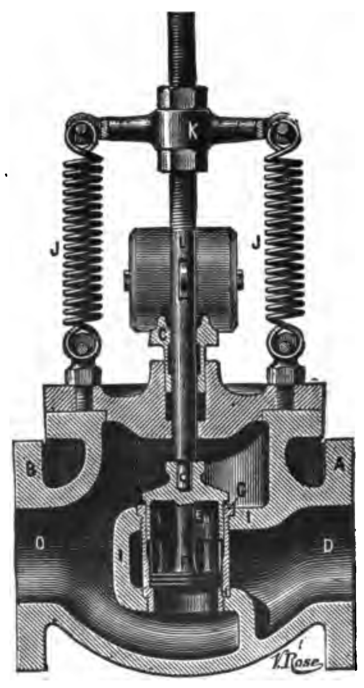


Fig. 76.

Généralement cette eau sort à 35 à 40° du condenseur. Elle est utilisée soit pour la diffusion, soit pour le lavage des betteraves. Dans les usines où l'eau est insuffisante et rare on la fait passer sur un réfrigérant à fascines ou à écoulement en pluie qui abaisse sa température. Le refoulement de l'eau a lieu généralement au moyen d'une pompe centrifuge.

Aujourd'hui on utilise les détendeurs de vapeur qui fonctionnent très bien. Nous donnons la description de deux de ces appareils.

Le déverseur-régulateur automatique de vapeur à haute pression O. Lefèvre, se compose d'un corps en forme de soupape avec brides A et B (fig. 76) par lesquelles le raccordement de la tuyauterie est effectué. Dans ce corps, les clapets solidaires E et F sont ajustés sur leurs sièges G et H, fixés eux-mêmes dans la partie I venue de fonte à l'intérieur du déverseur. La différence de surface entre les deux clapets E et F a été calculée en raison des frottements à vaincre, pour obtenir leur soulèvement. La

section de la tige L est égale à la différence de surface des deux clapets, afin d'éviter toute surcharge qui pourrait se produire par les variations de la basse pression. Les clapets E et F comportent des ouvertures à dégagement progressif afin d'éviter les chocs produits par des changements trop brusques de haute pression. Ces clapets sont maintenus sur leurs sièges par des ressorts JJ, dont la tension est réglée par le déplacement de la traverse K sur la tige L, au moyen de deux écrous. Dans la tige L est pratiquée une ouverture dans laquelle s'engage l'extrémité du levier M, tourillonné en N et muni d'un contrepoids qui sert à équilibrer le poids des clapets E F et leur tige L. Le levier M permet de contrôler le bon fonctionnement de l'appareil. Le déverseur-régulateur de pression est muni d'une soupape Q, avec sifflet avertisseur qui fonctionne quand un écart accidentel de la basse pression vient à se produire. Il peut être ajouté un manomètre P qui servira à régler l'appareil et à indiquer la valeur de la haute pression.

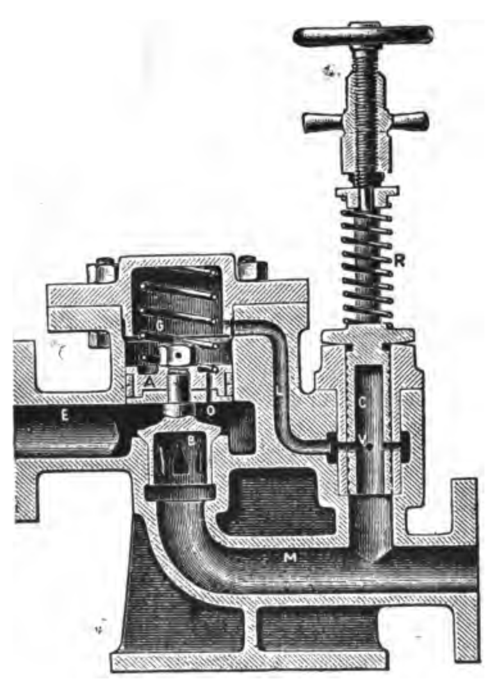


Fig. 77.

Le détenteur régulateur Sandillon (fig. 77) se compose d'une boîte à clapet dans laquelle la vapeur à haute pression pénètre par l'orifice E, entre le piston A et le clapet B, reliés ensemble par un boulon. La section du piston étant supérieure à celle du

clapet, il en résulte que l'action de la vapeur soulève le piston A et découvre l'orifice du clapet B par où elle passe librement dans la conduite des vapeurs détendues M.

Il faut remarquer que le piston A est percé d'un trou O par lequel la vapeur pénètre dans l'espace G situé en arrière du piston, et de là, dans le canal L, pour aboutir à un petit piston creux C. Ce petit piston est construit de telle façon qu'à sa position la plus basse ses orifices V sont juste en face du conduit L. La vapeur qui a traversé le piston A par le trou O, passe alors dans la conduite des vapeurs détendues. Mais, si le petit piston creux C vient à se déplacer de bas en haut, il fermera la conduite L, et la vapeur de ce conduit n'ayant plus d'issue, prendra en dessus du piston la même pression que dessous et le mettra en équilibre.

Dans ces conditions, le piston, aidé par le ressort placé au-dessus, retombera en fermant le clapet B qui arrêtera net le passage de la vapeur. Il suffit donc de régler le ressort R, qui appuie sur le petit piston C, pour qu'il se lève dès que la vapeur prend en M la pression à laquelle on veut la limiter.

Lorsqu'on maintient basse la bauteur du jus dans les caisses de l'appareil d'évaporation, il est difficile d'obtenir que l'éprouvette en cuivre des appareils existants donne assez de jus pour que la densité puisse être prise. Ces éprouvettes ont été remplacées par des appareils plus récents :

L'éprouvette densimétrique Lefèvre se compose d'un réservoir de pression H et d'un corps à deux compartiments B et C. Le compartiment B reçoit le pèse-sirop et le compartiment C contient le flotteur D qui forme soupape à sa partie inférieure.

Le sirop arrive dans l'éprouvette par la soupape M, traverse le réservoir H, passe par libre écoulement dans le compartiment B, et se déverse dans le compartiment D. (fig. 78).

Arrivé à une certaine hauteur, il soulève le flotteur et découvre l'orifice par lequel il entre dans la caisse. Quand le niveau du sirop a baissé suffisamment dans l'éprouvette, le flotteur redescend et ferme l'orifice de rentrée. Le même mouvement se reproduisant indéfiniment, permet de prendre exactement la densité du sirop pendant son passage dans l'éprouvette.

Le réservoir de pression H sert à amortir les fluctuations

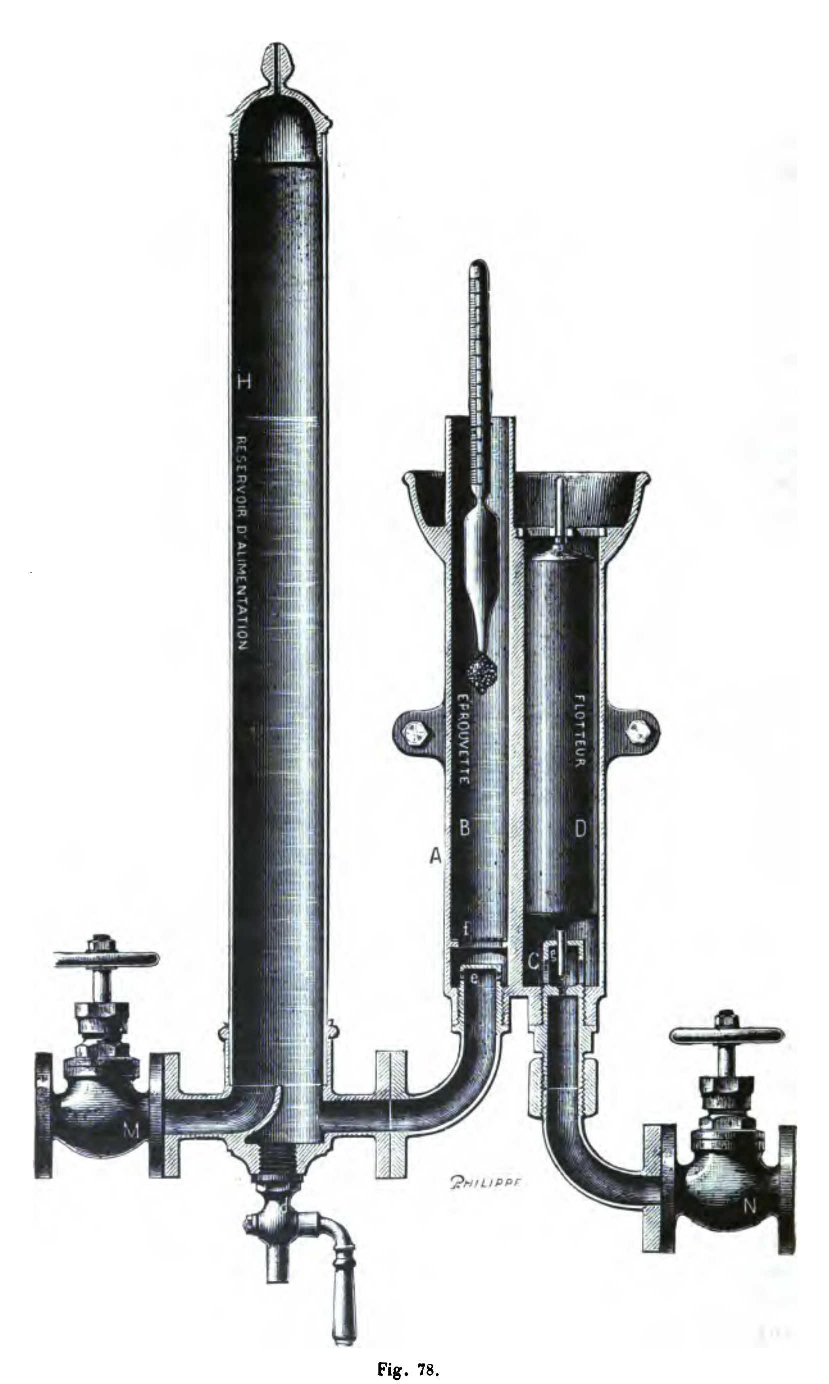

H
RESERVOIR D'ALIMENTATION
ÉPROUVETTE
FLOTTEUR
B
D
A
C
M
N
PHILIPPE

Fig. 78.

brusques du liquide avant son passage dans l'éprouvette. Par suite, le densimètre conserve une position stable qui permet de lire facilement sa graduation et donne ainsi une indication absolument précise.

Au bout d'un certain temps de marche, l'appareil se salit, c'est-à-dire que des incrustations se produisent sur les tubes, les incrustations sont mauvaises condructrices de la chaleur. Dès lors le rendement de l'appareil diminue et il est nécessaire de le nettoyer. On y parvient en faisant d'abord bouillir de la soude caustique concentrée dans l'appareil après l'avoir vidé et lavé. Les quantités de soude à employer sont les suivantes, ramenées à la soude en plaques et par mètre carré.

1re caisse	0 k. 2
2e caisse	0 k. 3
3e et suivantes	0 k. 6

La soude dissout les matières grasses et agit sur les sels calcaires et la silice s'il y en a à l'état gélatineux. Lorsque l'ébullition a duré deux heures environ, on vide la soude, en lave avec un peu d'eau et on introduit plusieurs touries d'acide chlorhydrique auquel on ajoute de l'eau. On emploie les quantités suivantes d'acide chlorhydrique.

1re caisse p. mètre carré	0 k. 250
2e caisse	0 k. 4
3e caisse	0 k. 750

L'eau acide doit contenir 1 à 1/2 p. 100 HCl. dans la caisse à sirop et moins dans les autres. On fait de nouveau bouillir pendant une demi-heure à une heure. Les carbonates et les sulfates sont dissous. Enfin on achève par un lavage à l'eau bouillante. Le lavage de l'appareil doit durer au moins 6 heures. Tout dépend aussi de l'installation générale pour la vidange des caisses, leur remplissage, l'emploi de l'eau chaude et les dispositions relatives à l'introduction des agents chimiques.

Mais ce lavage, lorsque les incrustations sont dures, est insuffisant pour les dissoudre. Il faut alors gratter l'appareil, ce

qui demande plusieurs jours. Cette opération ne se fait qu'en fin de campagne et aussitôt l'arrêt, afin que le tartre n'ait pas le temps de durcir. On emploie pour cela une sorte de cuiller d'acier emmanchée, qui s'enfonce à frottement dans le tube et qui enlève le dépôt adhérent. Cette opération doit être faite par des ouvriers consciencieux. La nature de ces dépôts est très variable et nous donnons leur composition d'après Andrlik.

Silice et matières minérales insolubles	5.62	33.85	41.54	2.27
Oxyde de cuivre	2.00	traces	0.57	0.45
— de zinc	0.83	traces	0.20	0.10
— de fer et alumine	1.79	17.27	15.22	1.59
Chaux	27.48	15.42	2.77	15.94
Magnésie	15.13	12.63	5.06	0.83
Acide carbonique	27.04	1.51	3.38	3.73
— sulfurique	1.25	0.48	3.08	1.60
— phosphorique	1.89	1.21	traces	traces
Graisse	0.35	2.78	1.00	21.01
Azote	0.09	0 51	0.41	23.83
Mat. déterminées, consistant surtout en mat. organiques	15.43	14.34	26.78	»»

Compositions d'incrustations.

1° Incrustations de triple effet (H Pellet). (Jus mal filtré contenant de la chaux).

Silice	20.0
Alumine et peroxyde de fer	5.3
Chaux	32.9
Acide carbonique	25.8
Divers (magnésie, acide sulfurique, matières organiques, cuivre, etc.)	16.
	100.0

2° 0/0 de matière sèche

	H. P. et L.B.	L. Beaudet.
Silice	55.86	38.3
Alumine	6.52	4.3
Peroxyde de fer	I.18	
Chaux	11.03	6.9
Acide sulfurique	1.44	0.4
Magnésie	0.46	1.7
Acide carbonique	trace	0.4
Matières organiques.	17.96	45.5
Cuivre	trace	—
Eau	1.60	
Potasse et soude		1.8
Divers	3.95	0.7
	100.00	100.0

3° Autres incrustations (J. Weisberg).

	1re caisse	2me caisse	3me caisse
Humidité	4.83	5.30	5.16
Matières organiques.	32.56	29.67	16.40
Sucre	3.83	5.32	6.22
Oxalate de chaux		7.81	37.63
Chaux	0.90	—	0.60
Silice	36.95	33.71	22.00
Alumine	6.115	15.20	9.08
Peroyde de fer			traces
Sulfates	2.40	1.18	1.85
Chlorures alcalin			
Oxyde de cuivre, etc.	2.36	1.81	1.06
	100.00	100.00	

4° Autre incrustation (Werschaffel).

Eau	1.60
Sucre	1.04
Silice	2.80
Fer et alumine	1.64
Sulfite de chaux	2.05
Sulfate de chaux	0.37
Matières grasses	1.60
Oxalate de chaux	88.90
Magnésie, cuivre	traces
Acide carbonique	nul
	100.00

Incrustations et dépôts divers.

Dépôts sur filtres à sirops (traites par l'acide sulfureux).

0/0 gr. de matière sèche	(J. Weisberg)	(G. Gravier)	(H. Pellet)
	—	—	—
Sulfite de chaux...	59.6	22.4 à 26.4	19.8 à 13.5
Sulfate de chaux...	13.0	0.6 à 0.8	5.8 à 6.5
Polarisation........	20.0	55.3 à 48.2	48 à 59.3
Silice et insoluble...	7.4	5.6 à 4.6	5.5 à 2.8
Matières organiques.	6.9	9.9 } 20	} 20.9 à 17.9
Diverses...........		6.2 }	}
	100.0	100.0	100 100

Dépôts recuillis sur les tubes d'un réchauffeur à jus de 2e carbonatation sulfité (H. Pellet).

Eau et matières organiques.........	17.42
Carbonate de chaux...............	53.50
Sulfite de chaux..................	10.28
Alumine et fer....................	7.90
Matières insolubles dans les acides..	1.26
Cuivre (de grattage)...............	4.52
Divers..........................	5.12
	100 00

Dépôt sur toile de filtres à sirops (non sulfité) H. P.

Eau..........................	33.30	
Sucre.........................	42.00	
Matières minérales..............	14.30	} 5.6 de silice. 0.84 chaux.
— grasses................	3.50	
— organiques diverses.....	6.90	

Dépôt de filtre à sac servant au sirop — L. Beaudet.

		Sucre	44.68
1° Matières organique.....	71.70	Matières grasses diverses	13.83
2° — minérales.....	28.26		

Composition des cendres 0/0.

Silice	47.12
Oxyde de cuivre	2.73
Chaux	1.59
Oxyde de fer	1.12
Alumine	18.52
Acide sulfurique	1.64
— phosphorique	0.39
Potasse	18.74
Soude	3.21
Chlore, magnésie, etc	4.94
	100.00

Ruissellement. — L'évaporation est d'autant plus rapide que la hauteur du liquide est plus faible au-dessus de la plaque tubulaire supérieure. Le ruissellement le plus naturel consiste à laisser presque découverte la plaque tubulaire supérieure. Le liquide circule alors avec rapidité dans les tubes, ce qui est une bonne condition pour obtenir une évaporation rapide. Tous les inventeurs qui ont cherché à réaliser le ruissellement ont travaillé dans la voie d'augmenter la vitesse de circulation. Bontemps monte une pompe pour chaque caisse. Le jus est pris à la partie inférieure de la plaque tubulaire. Montauban et Marchandier introduisent des tiges métalliques émaillées dans chaque tube et forcent ainsi le jus à parcourir dans le tube un espace annulaire. L'utilisation de la chaleur est ainsi augmentée. Le nombre des appareils facilitant le ruissellement est grand, mais bien peu sont restés.

Filtration entre les caisses. — On a essayé la filtration entre les caisses, qui a été préconisée par Philippe qui est parti du principe suivant : a un certain moment de l'évaporation, certaines matières ou impuretés en dissolution dans le sirop se déposent et s'attachent aux parois, au moment où elles arrivent dans la troisième caisse d'un triple effet, parce que là la température s'abaisse brusquement à celle de cette caisse. Il suffira donc de filtrer entre la deuxième et la troisième caisses, pour enlever le dépôt. Philippe employait dans ce but le dispositif suivant : un ballon de 3 mètres de diamètre, en forte tôle est placé à 2 m. 50-3 mètres au-dessus de la troisième caisse et commu-

nique avec son dôme. Ce ballon aspire le jus de la deuxième caisse. En arrivant dans ce ballon sa température s'abaisse, les impuretés se précipitent et aussitôt le jus se rend dans un filtre mécanique placé sur le plancher de l'appareil. Après filtration le sirop rentre dans la 3e caisse où il achève de s'évaporer.

Parmi les autres moyens destinés à empêcher les incrustations des tubes de l'appareil d'évaporation on préconise avec raison la troisième carbonatation qui permet d'éliminer plus d'impuretés que la double carbonation.

La pompe à sirop doit-être placée aussi basse que possible. En effet, si elle était au même niveau que la caisse à sirop, le piston d'aspiration aurait à vaincre une résistance égale à la colonne de sirop que représente la pression qui existe dans la caisse. Si, par exemple, le vide est de 61 cm. ou 15 cm, de pression, la colonne d'eau correspondante sera égale à $61 \times 13,6 = 8$ m. 30 ; 13,6 étant la densité du mercure et comme la densité du sirop est 1.25 la colonne de sirop qui fera équilibre à la colonne d'eau sera de

$$\frac{8.30}{1.25} = 6 \text{ m. } 64$$

La résistance de cette colonne serait beaucoup trop grande pour que la pompe eût un bon rendement ; c'est pour cela qu'on place les pompes sur le sol à côté de la machine et quelquefois dans une fosse lorsqu'on se sert d'une petite pompe centrifuge.

On a proposé plusieurs procédés pour l'élimination des vapeurs ammoniacales. Le suivant fonctionne dans une usine autrichienne. On introduit dans la conduite de vapeur une solution d'alun de potasse à l'état très divisé. Il se forme du sulfate de potasse, de l'alumine et du sulfate d'ammoniaque. Cette solution n'attaque ni le fer, ni le cuivre.

6. — Pertes en sucre à l'évaporation.

Les pertes en sucre que le sirop subit pendant la durée de l'évaporation sont, soit mécanique, soit chimiques. Les pertes mécaniques sont dues aux entraînements provoqués par la rapidité de l'ébullition. Elles peuvent être évitées par l'interposition sur le trajet des vapeurs de ralentisseurs ou de des-

sucreurs, ou par l'augmentation de la section de passage des vapeurs. Les pertes chimiques sont dues à l'altération du sucre sous l'influence de la chaleur. Dans un triple effet, cette température ne dépasse pas 90°; mais, dans un quadruple effet, elle est plus élevée. Lorsque le travail est rapide, la perte est insensible et dans un triple effet, Pellet l'évalue à 0,05 p. 100 de la betterave en moyenne et à 0,1 p. 100 dans les plus mauvaises conditions, ce qui correspond, pour ce dernier cas, à une diminution de la pureté du sirop de 0,8.

Dans les appareils à quadruple et à quintuple effet, l'altération est plus sensible, car la coloration du sirop ramenée au jus initial est plus grande, mais cependant la perte peut être nulle ou très faible dans un travail normal, car la coloration n'a pas lieu au détriment du sucre. Dans un travail anormal, la perte peut attendre 0,1 p. 100 de la betterave.

Pendant l'évaporation, on observe constamment une diminution de l'alcalinité due à plusieurs causes. 1° L'ammoniaque se volatilise et, par suite, le sirop perd de l'alcalinité. 2° Les alcalis caustiques ou la chaux libres agissent sur les matières azotées et sont neutralisées par les acides formés. C'est principalement l'asparagine qui est décomposée et transformée en acide aspartique.

Le dosage du sucre dans les eaux entraînées se fait au moyen du procédé colorimétrique de Pellet.

Le nécessaire pour ce procédé se compose de pipettes de 5 cent. cubes divisées en 1/4 de cent. cube, de tubes avec divisions de 5, 7 et 7 1/2 cent. cubes, de tubes témoins renfermant par litre 0,1, 0,05, 0,025 et 0,01 de sucre et d'une burette de 25 cent. cubes. Voici comment on opère. On met 5 cent. cubes d'acide sulfurique pur dans un tube jusqu'au premier trait; puis, on verse sur les parois 2 cent. cubes de la solution à examiner, puis 1/2 cent. cubes d'une solution de naphtol-α et on agite de suite. S'il y a du sucre, il se produit un échauffement et une teinte violacée. Pour plus de détails nous renvoyons à la notice spéciale qui accompagne le nécessaire (1).

(1) Chez Demichel à Paris.

7. — Traitement du sirop après évaporation.

Le traitement qu'on fait subir au sirop après évaporation consiste dans la sulfitation en général et la filtration.

A. — Sulfitation.

Nous avons vu à l'article sulfitation p. 117 comment cette opération doit s'effectuer. En général, on opère à chaud, c'est-à-dire qu'on fait arriver le gaz sulfureux au moyen d'un barboteur en plomb dans le fond de la chaudière à sulfiter jusqu'à ce que l'alcalinité soit presque neutre. On arrête alors l'arrivée du gaz et on envoie aux filtres.

C'est également à ce moment qu'on traite les sirops par le procédé Ranson (V. p. 125).

B. — Filtration mécanique

Les usines qui traitent les sirops par le noir sont tellement rares que nous avons cru inutile de parler de cet ancien procédé de filtration. La filtration des sirops se fait aujourd'hui exclusivement au moyen des filtres mécaniques identiques à ceux que nous avons décrits pour la filtration des jus. Bien souvent, lorsque le filtre à sirop voit son débit ralentir, avant de l'arrêter, on le fait conler un moment au jus afin de le dégraisser et de ne perdre qu'une partie presque insignifiante de sucre.

Voici quelles sont les données relatives aux filtres mécaniques. Un mètre carré peut filtrer par jour 75 hectolitres de jus, 35 hectolitres de sirop et 15 hectolitres d'égout chaud à 35° Baumé sous une pression de 2 mètres à 2 m. 50. La durée d'un filtre est en moyenne de 18 heures.

C. — Analyse. des sirops.

Pour comparer les sirops aux jus il faut les diluer avec de l'eau distillée, jusqu'au même degré que les jus. On opère de même pour l'analyse du liquide étendu.

Si l'on veut avoir la composition du sirop, alors on opère comme pour un sucre.

Cendres. — On pèse 3 grammes dans une capsule de platine on humecte d'acide sulfurique et on calcine.

Après calçination le résultat multiplié par 30 donne le poids des cendres pour cent grammes de sirop,(c'est plus simple que de peser 3,200 ou 4,5 de sirop, faire les cendres et en calculer la proportion.)

Sucre. — On pèse 16.29 (ou autre poids normal), on dissout dans 50 à 80 cc. d'eau. On ajoute 4 à 6 cc. de sous-acétate de plomb en s'assurant que c'est assez, compléter à 100 cc., agiter et filtrer.

Au tube de 200 cc. on a de suite le sucre p. 100 grammes de sirop. Cela varie beaucoup avec le degré de concentration, depuis 18 jusqu'à 32 Baumé.

Densité. — La densité a été prise directement avec un densimètre, ou un Brix, mais le chiffre ne peut servir pour calculer la pureté exacte ; un faible écart sur le densimètre suffit pour avoir des erreurs sensibles.

On peut alors calculer la densité indirectement, connaissant le sucre p. 100 grammes et la pureté ; on a le Brix poids réel, soit

Sucre 0 p. 100 gr. de sirop	50
Pureté	90
Brix réel	$\frac{50 \times 100}{90} = 55.55$

On regarde à la table correspondante en usage, la densité correspondant à un Brix de 55,55.

De même pour l'alcalinité on opère sur 10 grammes ou bien sur 10, 25 ou 50 cc., comme s'il s'agissait de jus carbonatés.

On trouve dans les sirops de 28 à 30° Baumé une alcalinité variant de 0,40 à 1,80 par litre et sans qu'il y ait de chaux sensible par l'oxalate d'ammoniaque.

Pour la chaux on opère directement sur 1, 2,5 ou 10 cc. de sirop toujours étendu avec de l'eau distillée (ou ammoniacale vérifiée dont le titre hydrotimétrique = 0) jusqu'à 40cc. on calcule la chaux par litre de sirop. Elle varie de 0,06 à 0,24 pour des sirops de bonne qualité et jusqu'à 0.80 pour des sirops de qualité inférieure.

Hydrotimétrie. Liqueur hydrotimétrique de Boutron et Boudet.

Savon blanc de Marseille........... 100 grammes.
Alcool à 97°..................... 1.600 cent. cubes.

On dissout le savon découpé en morceaux dans l'alcool chauffé au bain marie jusqu'au point d'ébullition. On filtre et on ajoute

Eau distillée. . . . . 1000 cc.

D'autre part, on prépare une solution type de 0.25 gr. de chlorure de calcium par litre ou, ce qui est la même chose, une solution de 0.59 de nitrate de baryte, ou 0,55 de chlorure de baryum. Ces deux liqueurs sont absolument équivalentes au point de vue de la quantité de savon nécessaire pour obtenir la mousse.

On prend 4) cc. de la solution titrée de chlorure de calcium (ou de nitrate de baryte) dans un flacon spécial dit flacon hydrotimétrique, portant 4 divisions de 10 en 10cc.

On met la liqueur hydrotimétrique dans une burette spéciale, également dite burette hydrotimétrique et portant généralement 2 graduations, l'une en degrés hydrotimétrique, l'autre en centimètres cubes et dixièmes de centimètre cube.

Au-dessus du zéro, il y a une autre ligne. La burette est remplie jusqu'à ce dernier trait. La différenee comprise entre le trait et le zéro correspond à la quantité de savon nécessaire pour obtenir la mousse persistante ou point d'arrêt du titrage.

Si la liqueur de savon est bonne, on doit trouver 22° hydrotimétriques pour 40cc. de liqueur titrée. Si la liqueur est trop forte, et qu'on trouve seulement 20 ou 18° on étend la solution de savon à l'aide d'alcool.

Si au contraire elle est trop faible, on doit y ajouter du savon.

On règle définitivement le titre de la solution à 22° pour 40cc. de la solution type de chlorure de calcium ou du sel de baryte.

On peut remplacer avec avantage le savon par la formule suivante de Courtonne

Huile d'olives ou d'amandes douces. 28 gr. ou 33 c.c.
Soude à 36°........................ 10 cc.
Alcool 90-95............................. 10 cc.

chauffer au bain-marie bouillant; après quelques minutes le savon est formé. Ajouter 800 à 900cc. d'alcool à 60°. Agiter pour dissoudre le savon, filtrer et compléter à 1 litre avec de l'alcool à 60°.

On calcule que 1 degré hydrotimétrique correspond à 0g.00573 de chaux.

Gravier a modifié la formule de Courtonne pour obtenir une liqueur telle que 1 degré = 0g.010 de chaux. Voici la formule proposée :

Huile d'amandes douces...............	53cc.
Lessive de soude à 36°................	17cc.6
Alcool à 95°...........................	15cc.

Chauffer le mélange au bain-marie pendant 10 à 15 minutes pour produire la saponification complète. Ajouter environ 900cc d'alcool à 60°, et compléter le volume à 1 litre à 15°, agiter, filtrer s'il y a lieu.

En titrant avec 40cc de la liqueur barytique, on a bien 12°5, ce qui donne 1 degré = 0,010 de chaux par litre.

Application de l'hydrotimétrie au dosage de la chaux dans les jus et produits sucrés. Pour les jus peu chargés de chaux, jus de 2e carbonatation, etc., on opère sur 40cc de liqueur, on ajoute la liqueur hydrotimétrique jusqu'à la mousse persistante et on lit le nombre de divisions.

Admettons 2,5 divisions :

1° hydrotimétrique = 0gr.0057 de chaux. Donc 2ce 5 = 0g.014 de chaux par litre de jus.

Si l'on fait usage de la liqueur Gravier, on a de suite la teneur en chaux et par litre.

Quand il y a trop de chaux, on prélève seulement 20cc, 10cc, 5cc ou 2cc, mais toujours compléter avec de l'eau distillée (ou ammoniacale de sucrerie) à 40cc.

Pour la facilité des opérations, on dresse un tableau donnant de suite la teneur en chaux et par litre de la matière, suivant le volume de solution pris.

Voici cette table :

Volume de la solution employée pour faire le dosage de la chaux par l'hydrotimétrie.

i visions	1cc + eau = 40cc	2,5cc + eau = 40cc	5cc + eau = 40cc	10cc + eau = 40cc	20cc + eau = 40cc	40cc
1	0.2270	0.0908	0.0454	0.0227	0.01135	0.0057
2	0.4540	0.1816	0.0908	0.0454	0.02370	0.0114
3	0.6810	0.2724	0.1362	0.0681	0.03405	0.0171
4	0.9080	0.3632	0.1816	0.0908	0.04540	0.0227
5	1.1350	0.4540	0.2270	0.1135	0.05675	0.0284
6	1.3620	0.5448	0.2724	0.1362	0.06810	0.0340
7	1.3890	0.6356	0.3118	0.1589	0.07945	0.0397
8	1.8160	0.7264	0.3632	0.1816	0.09080	0.0454
9	2.0430	0.8172	0.4086	0.2043	0.10215	0.0511
10	2.3700	0.9080	0.4540	0.2270	0.11350	0.0567
11	2.4970	0.9988	0.4994	0.2497	0.12485	0.0624
12	2.7240	1.0896	0.5448	0.2724	0.13620	0.0681
13	2.9510	1.1804	0.5902	0.2951	0.14750	0.0738
14	3.1780	1.2712	0.6356	0.3178	0.15890	0 0794
15	3.4050	1.3620	0.6810	0.3405	0.17025	0.0851
16	3.6320	1.4528	0.7264	0.3632	0.18160	0.0908
17	3.8590	1.5436	0.7718	0.3859	0.19295	0.0965
18	4.0860	1.6344	0.8172	0.4086	0.20430	0.1021
19	4.3130	1.7252	0.8626	0.4313	0.21565	0.1078
20	4.3400	1.8160	0.9080	0.4540	0.22700	0.1135
21	4.7670	1.9068	0.9534	0.4767	0.22885	0.1192
22	4.9940	1.9976	0.9938	0.4994	0.24970	0.1249

EXEMPLE : On a pris 5cc d'un sirop à 30° Baumé. On y ajoute 35cc d'eau distillée ou ammoniacale ne titrant pas par le savon et on a trouvé 5 divisions de liqueur de savon normale. On lit dans la colonne n° 3 le chiffre 0.227 de chaux à l'état de sel par litre de sirop (chiffre correspondant au nombre 5 de la 1re colonne).

Pour tous les produits liquides la marche à suivre est la même.

Pour les produits solides, connaissant la proportion renfermée dans leur volume déterminé, il est facile de calculer la dose de chaux.

Quand tout est bien exécuté, on a sensiblement par l'hydrotimétrie les mêmes résultats que par le dosage de la chaux au moyen de l'oxalate pour les proportions ordinaires contenues dans les produits de la sucrerie.

On ne doit jamais employer plus de 20 à 25 divisions de la liqueur hydrotimétrique pour un essai. Si l'on doit en user davantage, on recommence l'essai avec moins de solution.

Les liqueurs à essayer doivent être neutres ou mieux alcalines.

Si elles sont acides, elles décomposent le savon. Pour les rendre sûrement alcalines, il suffit de mettre dans le flacon hydrotimétrique avec les 40^{cc} de liquide, 1 goutte d'ammoniaque déjà étendue, ce qui n'a pas d'inconvénient en général.

Cependant, pour les titres hydrotimétriques de liqueur pouvant contenir *du bicarbonate de chaux*, il ne faut pas employer l'ammoniaque, ni aucun alcali, parce qu'il y a précipitation de carbonate de chaux et le titre est plus faible.

Avec l'emploi de l'ammoniaque dans les analyses courantes, on évite les inconvénients de la fausse mousse et autres.

La fausse mousse fait arrêter le titrage trop tôt, mais il y a aussi des cas où le titrage ne se termine pas et cependant il n'y a pas de chaux à l'oxalate. Avec l'ammoniaque, cet inconvénient disparaît.

On peut remplacer le flacon hydrotimétrique ordinaire par le flacon avec bouchon à ressort signalé par Pellet.

De même la burette à double enveloppe, à bouchon et à aiguille, construite d'après les principes de Pellet, est très commode.

CHAPITRE V

CUITE, TURBINAGE ET TRAVAIL DES BAS PRODUITS

La cuite a pour but de transformer en masse cuite cristallisée, le sirop qui a subi la filtration mécanique.

1. Principes de la cuite.

La manière de cuire se présente sous deux formes : 1° la cuite en grains qui se pratique pour les sirops de Ier et aussi de IIe jet, lorsque leur pureté permet ce genre de travail, et 2° la cuite au filet applicable aux bas produits.

On sait que le sucre, suivant la température à laquelle il est porté, exige des quantités différentes d'eau pour que la solution soit complète. Lorsque cette quantité d'eau est atteinte et qu'on élève la température, le point de saturation disparaît et l'eau peut dissoudre une nouvelle quantité de sucre. Le sirop est dit sursaturé. Inversement un sirop sursaturé, refroidi, abandonne du sucre qui cristallise. Il en est de même lorsqu'on diminue cette sursaturation par l'évaporation de l'eau, soit en totalité, soit en partie. Lorsque cette évaporation se fait méthodiquement, il arrive un moment où le sirop se trouble, devient laiteux, perd sa transparence et laisse apercevoir une grande quantité de cristaux très petits, bien formés. L'art du cuiseur, très simple d'ailleurs, consiste à empêcher que le nombre de ces cristaux augmente et à favoriser leur nutrition par des additions ménagées de nouveau sirop, au fur et à mesure que la concentration se fait. On maintient ainsi constamment le sirop dans le même état de concentration et on évite que de nouveaux cristaux ne se forment. La séparation du sucre se fait exclusivement sur les premiers cristaux formés, qui augmentent ainsi petit à petit de volume. On évite également la formation de cristaux fins en procédant à une charge un peu plus abondante que les autres, qui dilue la masse et refond ces cristaux inutiles.

La précipitation du sucre est favorisée par la température relativement basse à laquelle se fait la cuite, et qui est due au vide qu'on exerce au-dessus de la surface d'évaporation.

La nutrition des cristaux est favorisée aussi par le mouvement lent vertical que l'ébullition procure à la masse. Ce mouvement est d'autant plus lent qu'on s'approche de la fin de l'opération.

La condition pour obtenir de gros cristaux est que ce mouvement soit continu, que le nombre des cristaux ne soit pas très grand et que ceux-ci soient uniformément répartis dans la masse.

C'est afin de favoriser ce mouvement que des cuites spéciales ont été construites, Reboux, Grossé, Freitag, etc., que nous décrirons plus loin.

Le mouvement imprimé à la masse, favorise la réduction de la durée de la cuite et permet d'obtenir une masse cristallisée dans une eau-mère au minimum de pureté.

Il existe encore une autre méthode de cuite spéciale à la raffinerie. Elle consiste à évaporer rapidement la presque totalité du sirop jusqu'à ce que le grain se forme, puis à continuer vigoureusement l'évaporation en procédant par charges abondantes qui, en s'évaporant, donnent du nouveau grain. Ces charges étant à un état de concentration élevée, 33 à 35° Bé, les cristaux précédemment formés ne peuvent se nourrir puisque le temps pris pour une cuite est très faible et de nouveaux grains se forment. On obtient finalement la masse cuite de raffiné qui est coulée très liquide à environ 8 à 12 p. 100 d'eau, selon le travail qu'elle subit après, plaquettes ou pains.

Pendant la durée de la cuite en grains, on distingue quatre phases : l'évaporation, la formation du grain, la nutrition du grain et le serrage de la masse cuite.

On débute d'abord par introduire dans la chaudière la quantité de sirop nécessaire pour que l'ébullition ne soit pas trop tumultueuse. Cette introduction se fait en actionnant la pompe à air et en ouvrant la soupape à sirop. La porte de vidange de la cuite doit être hermétiquement close et garnie de bandes de papier qu'on colle pour éviter les rentrées d'air. L'introduction du sirop commence de suite et lorsque le vide atteint 15″, Lorsque le sirop est à 20 cent. de la première lunette, on com-

mence à admeltre la vapeur dans le serpentin inférieur, et on maintient le vide aussi bas que possible, 18″, pendant toute la durée de l'évaporation, en manœuvrant convenablement la soupape d'admission d'eau au condenseur. En même temps on remplace par de nouveau sirop l'eau qui se vaporise et on maintient la pression de la vapeur dans le serpentin de chauffage à 1 kilogramme au plus ($t = 120°$). L'ébullition se fait facilement, sans gros bouillon débordant dans le vase de sûreté ou le ralentisseur.

Au fur et à mesure que l'eau se vaporise, la température monte par suite de l'augmentation de la concentration, la pression dans le serpentin croît également et le vide devient plus grand. Ces phénomènes doivent se produire régulièrement et lentement. La pression de la vapeur est alors de 1.75 à 2 kilos lorsqu'on cuit avec de la vapeur vive non détendue, et on doit la maintenir. L'évaporation touche à sa fin et le grenage va commence. On maintient alors le vide à 19″ et la vapeur de 3,50 à 4 kilos, et on supprime l'arrivée du sirop. En même temps on prélève des échantillons au moyen de la sonde et on les examine en les faisant couler sur une glace propre.

Lorsque la masse devient laiteuse, le grain se forme. La densité est alors de 42°5 — 43° Bé (D = 1416 — 1423) et la quantité d'eau est d'environ 10 p. 100. L'aspect du sirop est particulier, et l'ébullition se fait lourdement. Les projections qui se font sur la glace retombent lentement en formant une sorte de traînée visqueuse. L'épreuve à la sonde indique la preuve au crochet léger.

Le cuiseur doit maintenant conserver son grain, le nourrir et ne pas en former d'autre.

Dans ce but, il procèdera par charges successives régulières en cuisant lentement et en maintenant le vide au même point que nous avons indiqué. Les charges se font à des intervalles réguliers de 5 minutes environ pour les petits appareils et par injection continue pour les grands appareils. On doit prendre soin que la concentration reste bien régulière et toujours la même. A cet effet, on utilise quelques appareils dont nous parlerons plus loin et on examine attentivement la manière dont le sirop coule sur les glaces et sur la plaque de verre, en prélevant un [échantillon avec la sonde. Vers la vingtième

charge, le grain est en quantité suffisante pour le volume de la cuite et on arrête sa formation. Le grenage dure environ une heure et quelquefois plus, selon la pureté des sirops.

A partir de ce moment, le cuiseur n'a plus qu'à nourrir le grain en faisant des injections fréquentes et courtes de sirop, tout en évitant la sursaturation qui donnerait naissance à de nouveaux grains. La cuite doit donc être moins serrée que pendant le grenage. Ce sont maintenant les apparences extérieures qui guident l'ouvrier, la vitesse de coulée du sirop projeté sur les glaces est un des principaux points à observer outre la constance du vide.

Pendant toutes ces opérations la cuite a augmenté de volume et le second serpentin, puis le troisième, ont été recouverts. Au fur et à mesure que cela se produit, on introduit la vapeur dans ces serpentins. En même temps, l'évaporation augmente et il est nécessaire de donner un peu plus d'eau au condenseur de la pompe à air ou au condenseur barométrique. Si l'on travaille avec une station centrale de vide, on ouvre un peu plus la valve qui fait communiquer l'appareil à cuire avec le condenseur. Ce point est important à observer pour éviter la formation de grain fin.

La durée de la cuite étant assez variable, selon les ouvriers, le sirop, l'appareil, nous admettons une durée de douze heures. Vers la neuvième heure, on commence à prélever à la sonde des échantillons et à examiner le grain dont la grosseur doit être bien régulière et sans présence de grain fin. A ce moment on commence à serrer un peu plus fort en modérant l'eau du condenseur et en maintenant le manomètre à 20-21″ de vide (54-59 centim.). Cette opération dure deux heures environ, au bout desquelles la cuite est pleine. Il ne reste plus qu'à la serrer avant de la couler. Dans ce but, on interrompt complètement l'injection du sirop et on diminue l'introduction de la vapeur vive, de manière que le manomètre ne marque plus qu'une pression de 0,8 à 1 kilo. L'eau étant toujours la même au condenseur, le vide monte petit à petit jusqu'à 24″ = 65 centimètres. Pendant cette opération, quelques praticiens envoient quelques charges de sirop peu abondantes, afin que l'aspect final de la masse ne soit pas trop gras. Le nombre de ces charges est de trois et on les fait à 10 minutes d'intervalle.

Sous l'influence du vide plus intense, la température de la cuite s'abaisse, car à 24″, la vapeur n'a que 53° de température. Les preuves à la sonde sont à présent plus fréquentes. L'ouvrier réunit l'échantillon en une boule et selon la manière dont elle se détache des doigts, il juge la cuite achevée. On peut encore procéder en écrasant la boule dans l'eau. Quand on est arrivé à ce point, on arrête complètement l'introduction de la vapeur et on laisse monter encore le vide. L'aspect de la masse contre les glaces est caractéristique, car il se produit une sorte d'éclair dû à la vaporisation et au soulèvement de la masse à chaque coup de pompe. Une dernière preuve de la sonde fait reconnaître la fin de la cuite. A ce moment, on arrête l'eau au condenseur, puis la pompe et on ouvre le robinet d'air placé sur l'appareil. L'air rentre en sifflant et en ébranlant fortement tout l'appareil. Enfin on ouvre la valve de vidange et la cuite tombe.

La cuite faite dans ces conditions coule par parties détachées lorsqu'elle est bien sèche, ou liquide lorsque le serrage a été insuffisant. Lorsque l'appareil est vide, on injecte un peu de vapeur qui se condensant sur les parois, détache les paquets de masse cuite et les fait rejoindre la masse principale.

Ce mode de cuisson ne s'applique qu'aux sirops n'ayant pas subi de rentrée d'égouts, car la cuite telle qu'on vient de la pratiquer donne une masse qui renferme 5 à 8 p. 100 d'humidité réelle.

La cuisson des sirops est sujette à quelques accidents dont la cause est due soit à un excès d'alcalinité, soit à l'acidité.

Les cuites trop alcalines grainent difficilement; l'évaporation est lente. On se trouve bien alors d'une injection directe d'acide sulfureux à la cuite; l'alcalinité est saturée et la viscosité diminue par l'action du gaz sulfureux.

Les cuites acides sont rares et proviennent d'un travail détestable. On y remédie en ajoutant du carbonate de soude à la seconde carbonatation. Les cuites acides moussent fortement et sont sujettes à des enlèvements. La mousse se corrige au moyen d'additions de beurre de coco; mais les cuites faites ainsi sont très lentes à conduire.

Cuisson des bas produits. — La cuisson des bas produits perd chaque jour de son importance, puisque certains procédés permettent de réduire considérablement leur quantité. Quoi qu'il en soit, voici comment on opère. On commence par aspirer le sirop dans l'appareil, puis on porte à l'ébullition, en maintenant le vide aussi fort que possible. Au fur et à mesure que la concentration se produit, on fait des charges d'égoût, sans s'occuper s'il se forme du grain ou non. A la fin, lorsque l'appareil est plein, on fait rentrer l'air, puis on continue à réchauffer la masse jusqu'à 110° environ. Ce réchauffement est nécessaire pour que la masse cuite coulée dans les bacs de purgeries ne se refroidisse pas trop et que le grain se forme lentement et régulièrement. Les cristaux sont alors plus gros. Le point de cuite où l'on s'arrête est le filet et le vide de 22″. La masse cuite renferme alors environ 12 p. 100 d'eau pour les IIe jets et 15 p. 100 pour les IIIe.

La cuisson des bas produits doit être conduite avec précaution, par suite des quantités considérables de mousses qui se forment pendant l'ébullition.

Dans les anciens appareils à cuire, on n'employait que de la vapeur à haute tension pour le chauffage ; il en résultait qu'une cuite de 100 hectolitres avait une surface de chauffe de 50 mètres carrés pour de la vapeur à 4 kilogrammes de pression, mais on a reconnu depuis que la température élevée de la vapeur avait pour conséquence de diminuer le rendement en sucre de la masse cuite, tandis que la vapeur détendue ou de jus n'a pas cet inconvénient et, en outre, permet une notable économie de combustible.

La surface de chauffe des serpentins fonctionnant à vapeur de jus, doit être augmentée et triplée si la vapeur de chauffage a 100 degrés au lieu de 140 degrés. Lorsque cette température n'est que de 90 degrés, la surface doit être sextuplée. Il faut faire observer qu'à cette température, on ne peut pas achever une cuite avec de la vapeur détendue

Il faut considérer qu'il n'existe aucun appareil ayant une surface de chauffe aussi considérable. D'ailleurs, leur construction serait très difficile.

On peut obvier à cet inconvénient en faisant la cuite à double effet et en procédant suivant les indications de Rellieux,

en utilisant l'appareil Lexa-Herold dans lequel la cuite se fait à double effet.

On peut encore utiliser la vapeur de jus dans un ou deux serpentins de la cuite, tandis que dans le troisième on fait circuler de la vapeur vive.

Dans le cas de la cuite à simple effet par les vapeurs de jus, la distribution des vapeurs a lieu comme suit :

La vapeur de la première caisse de l'appareil d'évaporation passe dans deux serpentins, tandis que la vapeur vive passe dans le troisième. Les retours sont réunis et rentrent dans le faisceau tubulaire de la première cuite.

Lorsqu'on cuit à double effet, l'avant-cuite est chauffée par les vapeurs de la première caisse de l'appareil d'évaporation. Les vapeurs engendrées dans l'avant-cuite vont, soit dans la cuite, soit dans la troisième caisse d'évaporation, soit dans les réchauffeurs de jus à saturer. La cuite est chauffée à la vapeur vive et le retour se fait dans la première caisse d'évaporation.

Rendement des sirops en masse cuite. — Si l'on fait abstraction du sucre qui a subi une décomposition pendant la durée de la cuite, le rendement de la masse cuite peut se calculer de la façon suivante d'après Mittelstaedt. Soient :

D la pureté du sirop.
S — de l'égout.
F — de la masse cuite.

x la quantité de matière sèche du sirop, contenue dans la masse cuite.

$$x = 100 \frac{D - F.}{D - S.}$$

Si, par exemple :

$$F = 91.4 \quad D = 92.8 \quad S = 74.$$

$$x = 100 \frac{92.8 - 91.4}{92.8 - 74.0} = 7,4467$$

100 parties de matières sèches de la masse cuite renferment donc 7,4467 parties de matières sèches du sirop. Si le sirop avait un Brix B = 78, les 7, 4467 correspondent à 9,54 parties de sirop, car 78 : 100 = 7,4467 : y d'où y = 9,54.

La masse cuite finale ayant 6 p. 100 d'humidité, 100 parties renferment $\frac{(100 - 7,4467)\ 94}{100} = 87$ matières sèches de la masse cuite et $\frac{7,4467 \times 94}{100} = 7$ p. 100 matières sèches de la masse cuite du sirop.

Les 6 p. 100 d'eau se composent eux-mêmes de 92,55 p. 100 de masse cuite et de 7,45 p. 100 de la masse cuite provenant du sirop car

$$94 : 87 = 100 : 92,55$$
$$94 : 7 = 100 : 7,45.$$

Pour démontrer l'exactitude de ce calcul, on procède ainsi :

Les 87 p. 100 de matières sèches provenant de la masse cuite ont une pureté de 92,8 ; ils contiennent donc $\frac{87 \times 92,8}{100} = 80,736$ parties de sucre et $\frac{87 \times 7.2}{100} = 6,264$ p. 100 de non sucre.

D'autre part, les 7 p. 100 de masse cuite qui sont dans l'égout à 74 de pureté renferment $\frac{7 \times 74}{100} = 5,18$ de sucre et $\frac{7 \times 26}{100} = 1.82$ de non sucre. Si l'on additionne le sucre et le non sucre et si l'on calcule la pureté, celle-ci sera égale à celle de la masse cuite :

80.736	sucre	et	6.264	non sucre
5.18	—		1.82	—
85.916	—		8.084	—

$$94 : 85,96 = 100 : 91,4.$$

2. — Description des appareils à cuire.

Nombreux et divers sont les appareils à cuire, sans y comprendre les appareils spéciaux que nous décrirons en parlant des procédés auxquels ils s'appliquent.

Ces appareils sont en général verticaux. Cependant on rencontre aussi des cuites horizontales à tubes horizontaux pour le chauffage avec la vapeur détendue ou la vapeur de jus.

Un appareil à cuire se compose d'un corps cylindrique en tôle résistante, raccordé par joints à deux fonds en fonte, A

la partie inférieure se trouve une ouverture dressée sur laquelle glisse un clapet également dressé et muni d'une longue tige de manœuvre. Ce clapet ferme l'appareil. A la partie supérieure se trouve une bande sur laquelle s'embranche une grosse conduite se rendant dans le vase de sûreté analogue à ceux de l'appareil d'évaporation. A l'intérieur de l'appareil se trouvent 3 ou 4 serpentins commandés chacun du dehors par une soupape spéciale. En outre une autre soupape permet l'isolement de la conduite générale de vapeur. Sur le front de l'appareil sont les lunettes, le manomètre à vapeur, l'indicateur de vide et le thermomètre. A portée de l'ouvrier est la

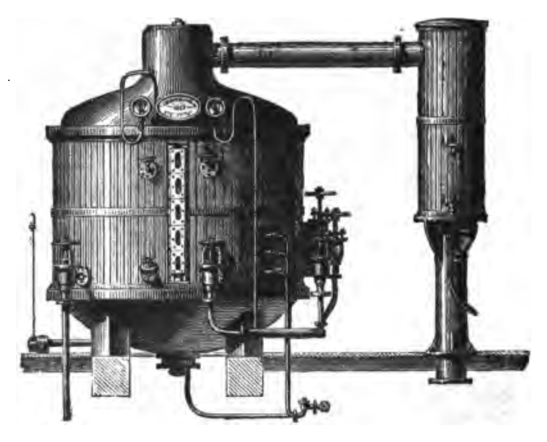


Fig. 79.

soupape d'eau du condenseur ou la valve de commande du vide central.

Les retours d'eau des serpentins se font par des boîtes allemandes à flotteurs ou dans les cuites importantes par des pompes. Ces eaux très pures retournent à l'alimentation des générateurs.

L'appareil est complété par le robinet de rentrée d'air et le robinet graisseur destiné à l'introduction du beurre de coco et par les diverses soupapes d'introduction du sirop.

Il est bon d'intercaler entre l'appareil et le vase de sûreté un ralentisseur de grand diamètre et de faire retourner ce qui s'y condense, dans la chaudière.

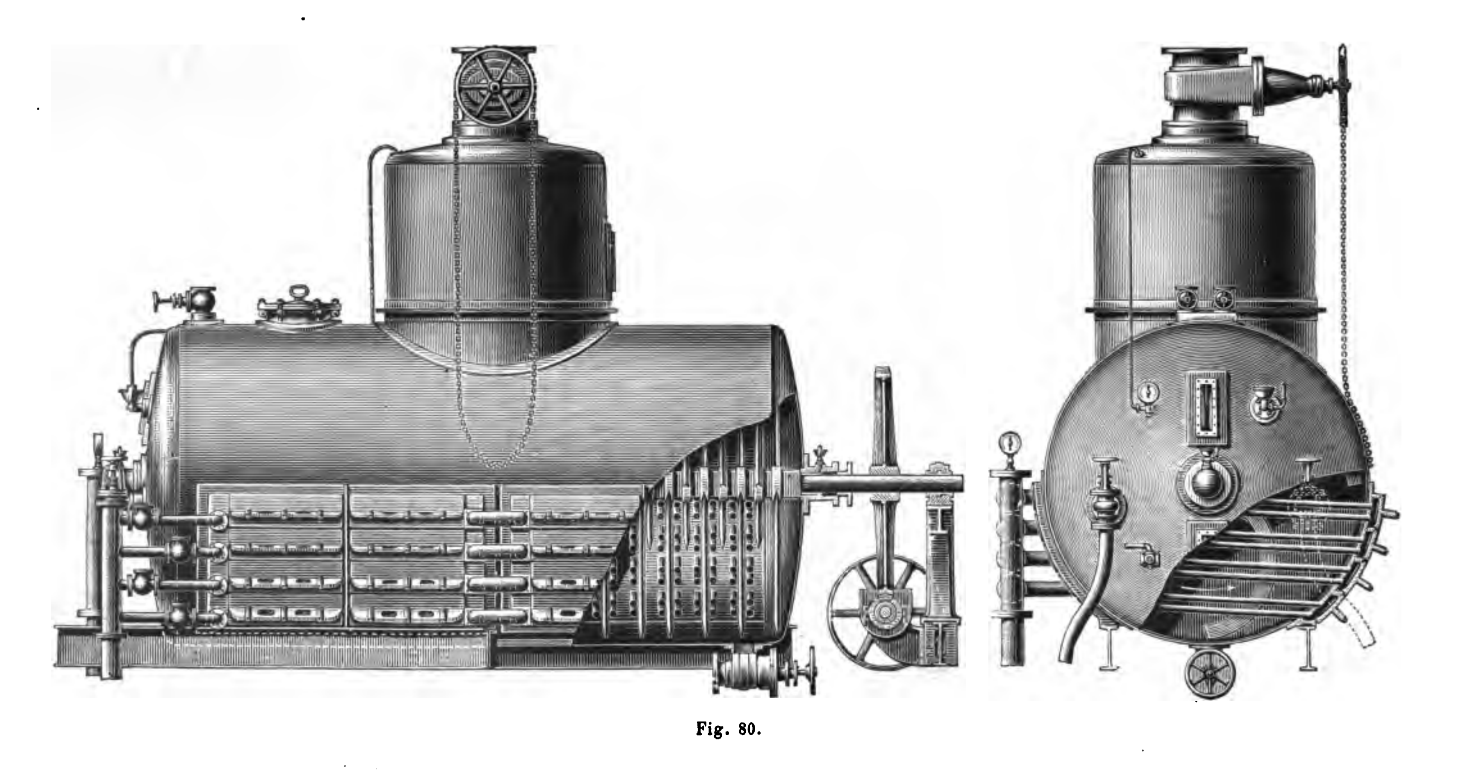


Fig. 80.

Depuis que les procédés de réintroduction des égouts à la cuite se sont répandus, on emploie maintenant des appareils aussi élevés que possible et on donne à la hauteur de la partie cylindrique de deux à trois fois de diamètre.

Cuite en mouvement Reboux. — Reboux a d'abord imaginé une cuite en mouvement avec malaxeur vertical hélicoïdal qui aspirait la masse cuite au centre de l'appareil et la déversait à la périphérie. Cet appareil n'a pas donné de bons résultats. Il a été remplacé par l'inventeur par une cuite horizontale (fig. 80). La cuite Reboux fonctionne en France et surtout en Belgique.

Elle se compose d'un grand cylindre horizontal muni de tubes de chauffage horizontaux ou légèrement arqués. Le chauffage forme 4 systèmes indépendants, suivant la hauteur de la masse dans l'appareil. En outre un agitateur à palettes est placé dans l'axe. La commande de cet agitateur se fait de l'extérieur. Un dôme et un ralentisseur donnent issue aux vapeurs.

On peut, dans cet appareil, cuire soit à vapeur détendue, soit à vapeur vive, soit avec les deux.

Tous les accessoires des cuites ordinaires se retrouvent sur la cuite Reboux.

Cuites diverses. — Dans le but d'augmenter la puissance d'évaporation des appareils à cuire on a construit des cuites tubulaires verticales et horizontales. Aux premières appartiennent les systèmes Heckmann, aux secondes les cuites Wellner-Jelinek, Lexa, Herold. Les cuites Greiner ont une disposition particulière des serpentins. Chaque branche vient se réunir à un élément vertical creux qui distribue la vapeur de chauffage. Ces cuites ont toutes une surface de chauffe considérable.

Régulateur d'injection Delavierre. — La régularité de l'injection du sirop est un point important de la bonne réussite de la cuite, d'où il suit que si les points où le sirop pénètre dans la cuite sont nombreux, la régularité sera assurée. L'appareil imaginé par Delavierre remplit ce but. Il est représenté figure 81, et il évite que les sirops gagnent immédiatement

la partie supérieure aussitôt leur introduction dans l'appareil.

L'alimentation se fait en un grand nombre de points par un espace annulaire très petit et sous une pression variant de 1 à 5 kilos.

En général on place 15 injecteurs en bronze.

L'inventeur a rendu le fonctionnement de l'appareil auto-

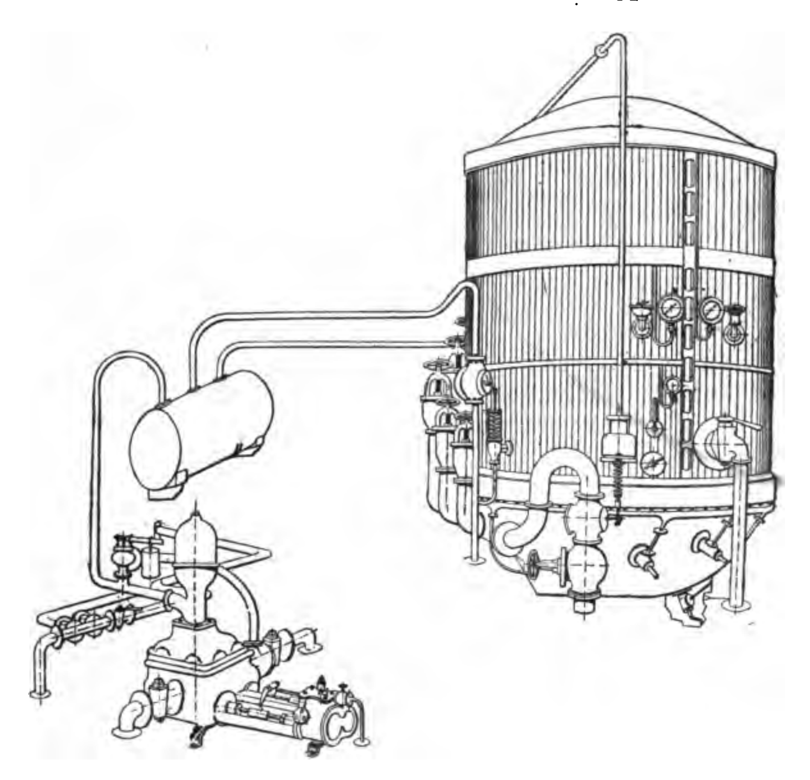


Fig. 81.

matique, étant donné qu'un produit ne cristallise bien qu'autant qu'il se trouve toujours dans un même milieu.

Or, pour que la marche soit automatique, il a rendu solidaires les uns des autres les trois éléments indispensables à cet effet, c'est-à-dire le vide, la température, l'alimentation. Pour cela, il a appliqué trois régulateurs spéciaux dont deux fonctionnent par le vide de l'appareil et le troisième par la

pression de vapeur d'admission aux serpentins. Ces régulateurs se composent d'un corps cylindrique dans lequel se meut un piston armé d'une tige agissant sur un ressort à tension progressive maintenu par deux colonnes fixées sur le cylindre. L'extrémité de la tige du piston est reliée au moyen d'un levier à un engrenage qui transmet son mouvement à un autre engrenage fixé sur l'axe d'une soupape à tambour rotatif divisé en quatre lumières, de façon que le débit de ces soupapes soit plus ou moins grand suivant la tension des ressorts.

Le levier du régulateur est fixé au moyen d'une vis à l'engrenage de commande lui-même muni d'une rainure permettant de régler à volonté les orifices du tambour de la soupape.

Ceci posé, il est très facile de se rendre compte de la régularité qui existe dans la marche de l'appareil, le vide devenant un point fixe par suite du régulateur d'introduction d'eau froide au condenseur, les variations ne peuvent se produire que par la baisse ou la hausse de la pression des générateurs ou le changement de la nature des sirops ; or la baisse ou la hausse de la pression agissant sur le régulateur des sirops d'alimentation, l'introduction se fait plus ou moins grande suivant les fluctuations dans la pression, de même que pour le changement dans la nature des sirops, l'alimentation sera plus ou moins grande suivant les variations dans la température de la masse cuite.

Indicateur régulateur de densité de Tourneur. — L'indicateur régulateur de densité H. Tourneur a pour but de donner à chaque instant une mesure de la densité moyenne de la masse soumise à la cristallisation. Il permet de régler automatiquement l'introduction du sirop dans l'appareil à cuire, de façon à maintenir la densité à la valeur qui convient.

Cet appareil se compose d'une soupape S (fig. 82) interposée sur les tuyaux d'alimentation du sirop GHE et munie d'un dispositif d'asservissement P, tel qu'elle suive exactement les déplacements d'un flotteur F placé sur l'eau, dans un récipient A qui surmonte le corps de la soupape.

Ce récipient A est combiné avec un second récipient B placé en contre-bas, tous deux étant reliés par des tuyaux CM et DN

à l'appareil à cuire et disposés de telle sorte que le niveau de

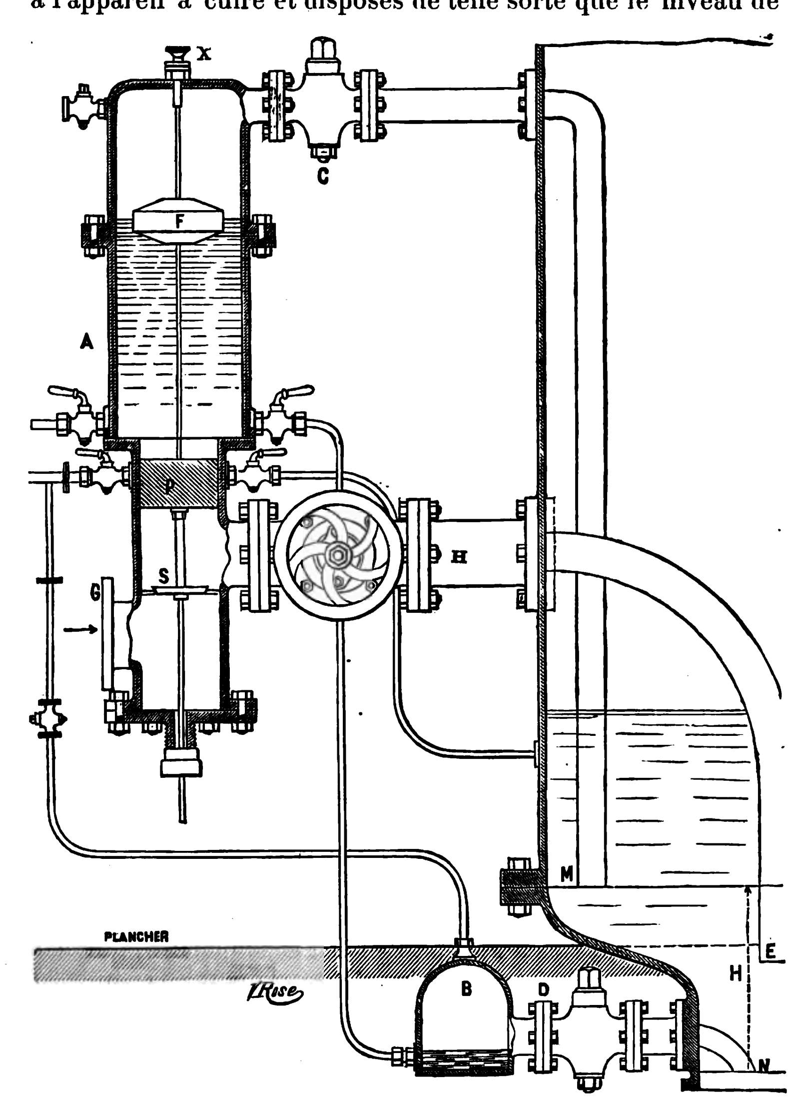


Fig. 82

l'eau, par suite le flotteur F et la soupape S, suivent la variation de la densité moyenne.

On a soin d'établir le point M au niveau du grand joint, assez bas pour que le tuyau plonge dans la masse au moment du grenage, dès le début de l'opération. Quant au point N, il est sensiblement à la hauteur du fond du récipient B.

Le principe sur lequel repose le fonctionnement est le suivant :

La différence des pressions aux extrémités intérieures des tuyaux CM et DN, dépend de leur distance verticale H et de la densité moyenne de la masse cuite.

Des petits trous ménagés respectivement sur les récipients A et B, permettent d'y faire rentrer une très petite quantité d'air qui les remplit et s'écoule lentement aux points M et N dont les pressions se propagent, par suite, à ces récipients.

On fait continuellement arriver une petite quantité d'eau dans le récipient B; comme ce dernier est mis en relation avec A par un tube et que son niveau inférieur reste constant par suite de l'écoulement d'excès d'eau, le niveau supérieur dépend de la différence des pressions existant entre B et A, et donne la mesure de la densité moyenne du sirop. On suit les variations de cette densité, au moyen d'un tube de niveau, établi sur le récipient A, à côté d'une graduation.

Le dispositif d'asservissement P régularise automatiquement la valeur de cette densité. Lorsqu'elle monte, le flotteur F monte également, la soupape S s'ouvre davantage et la quantité de sirop introduite dans l'appareil augmente. Inversement lorsque, la densité baisse, la soupape se ferme progressivement jusqu'à ce que la densité ait repris la valeur pour laquelle l'appareil est réglé.

Le distributeur qui réalise cet asservissement de la soupape aux mouvements du flotteur a pour effet de faire agir dans une capacité, au-dessus du piston P et d'une soupape S, tantôt la pression d'eau du bac de l'usine, tantôt le vide de la cuite, de façon à provoquer la fermeture ou l'ouverture de cette soupape.

Le distributeur est constitué par un petit cylindre en bronze P suspendu au flotteur par une tige traversant à frottement doux le bouchon qui sépare le réservoir A de la capacité. Ce cylindre se déplace sans frottement dans une douille conique en bronze portant les orifices de distribution.

Lorsque le piston descend avec le flotteur, les orifices supérieurs sont démasqués, la capacité est mise en communication par un canal avec la pression d'eau et le piston P de la soupape descend, jusqu'à ce que les orifices soient fermés à nouveau. Inversement, lorsque le piston P monte, la capacité est mise en communication avec le vide par le canal et le piston P monte,

En fait, la soupape suit exactement les mouvements du piston P, c'est-à-dire ceux du flotteur, et comme le piston P est équilibré, les frottements sont faibles. Une fois l'appareil réglé, l'alimentation est entretenue de manière à maintenir la densité constante.

Une simple rotation de la tige du flotteur, obtenue à l'aide d'un bouton, permet de modifier le réglage de l'appareil et d'obtenir une densité normale plus ou moins forte.

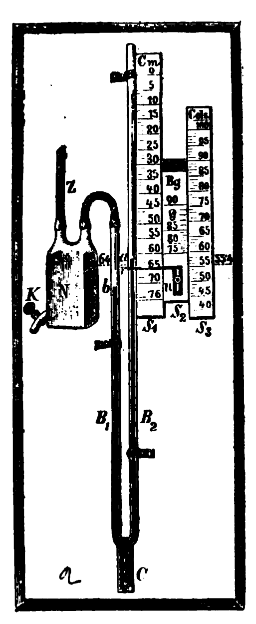


Fig. 83.

Brasmoscope Curin. — Le brasmoscope Curin consiste en un thermomètre muni de grandes divisions S_3 et disposé sur une planchette, Sur celle-ci est fixé un indicateur de vide dont l'une des branches B_2 est fermée à la parties upérieure et l'autre B_1 est mise en relation par un caoutchouc armé avec un récipient bitubulé N. L'autre tubulure Z communique avec le dôme de l'appareil à cuire. La branche B_2 est munie d'une échelle S_1 qui donne l'indication du vide en cent imètres. Entre les deux échelles S_1 et S_3 se trouve une autre graduation S_2 celle des densités, munie d'un index U. Connaissant la température du sirop S_3 donnée par un thermomètre plongeant dans la chaudière en un endroit approprié et le vide S_1 on obtient la densité S_2 de la masse en cuisson, en degrés Balling (fig. 83).

Soit un vide donné la température étant de 75° par exemple, la densité de la masse sera de 87° Balling.

Cet appareil permet de cuire facilement à une densité donnée.

3. Turbinage.

A. — Turbines et travail des turbines.

Le turbinage a pour but de séparer les cristaux de sucre de l'eau-mère adhérente. Les modèles de turbines diffèrent peu entre eux. On distingue les turbines à transmission supérieure ou turbines Cail et les turbines à mouvement en dessous.

Turbines Cail. — Les turbines se composent essentiellement, fig. 85 d'une cuve en fonte dans l'axe de laquelle est fixé dans une crapaudine en bronze à la partie inférieure et dans une

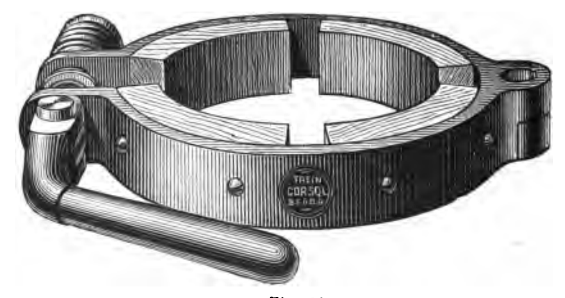


Fig. 84

arcade en fonte à la partie supérieure, un axe en fer supportant un panier en tôle perforée, garni intérieurement d'une toile métallique constituée soit par une planche en cuivre, perforée, soit par un tissu en laiton. Cette toile doit être suffisamment serrée pour ne laisser passer que l'égout et les grains très fins. Le diamètre du tambour est de 7 à 800.

A la partie supérieure, l'arbre porte claveté, un cône en cuir ou en carton silicaté Denis. Ce cône est formé par une série de rondelles de carton assemblées à la colle et serrées au moyen de deux rondelles et d'un fort écrou qui se visse sur l'arbre. Lorsque le carton est sec on tourne le cône pour ébarber les aspérités. Ce cône transmet le mouvement à la turbine par l'intermédiaire d'un autre cône en fonte, calé sur un arbre horizontal. Sur le même arbre se trouve une poulie

qui reçoit le mouvement d'une transmission intermédiaire. Cet arbre est mobile latéralement au moyen d'un volant qu'on voit à droite. A gauche un ressort tend à écarter le cône en fonte du cône en carton, lorsqu'on desserre la poulie pour arrêter la turbine.

La turbine porte en outre un mécanisme d'arrêt ou frein à levier portant des arcs en hêtre qui viennent serrer dans une gorge calée sur l'arbre de la turbine.

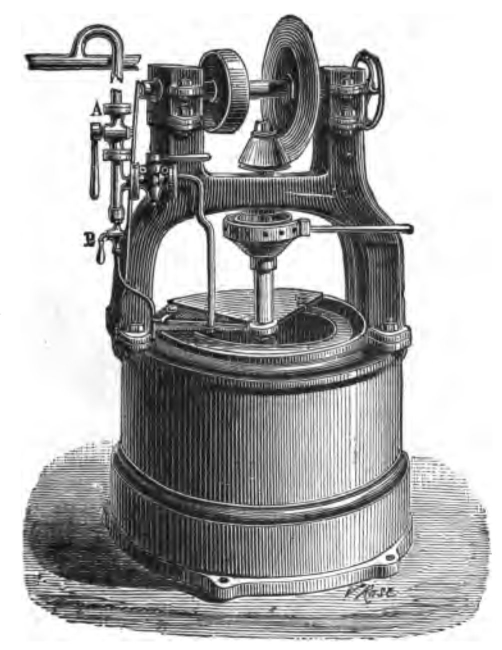


Fig. 85.

On fait aussi beaucoup usage du frein Corsol représenté fig. 84 qu'un simple tour de levier permet de desserrer ou de serrer à fond. Ce frein a l'avantage qu'abandonné à lui-même, il continue son action, ce qui n'a pas lieu avec le frein ordinaire que l'ouvrier est obligé de tenir à la main jusqu'à ce que la turbine soit arrêtée.

Legentil a apporté un perfectionnement aux turbines Cail en disposant un couvercle sur la cuve. Ce couvercle est en

plusieurs pièces, il est mobile et une simple pression suffit

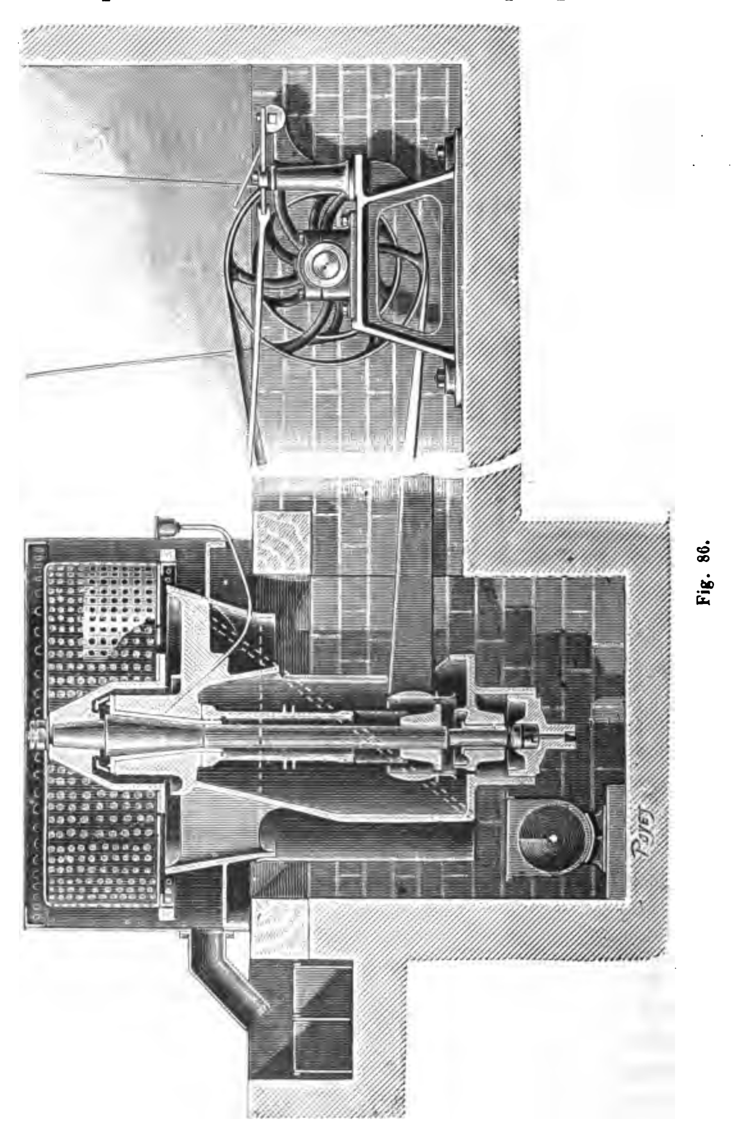


Fig. 86.

pour rapprocher ses éléments et ouvrir la turbine. Le couvercle a pour but de claircer au moyen de la vapeur qu'on fait

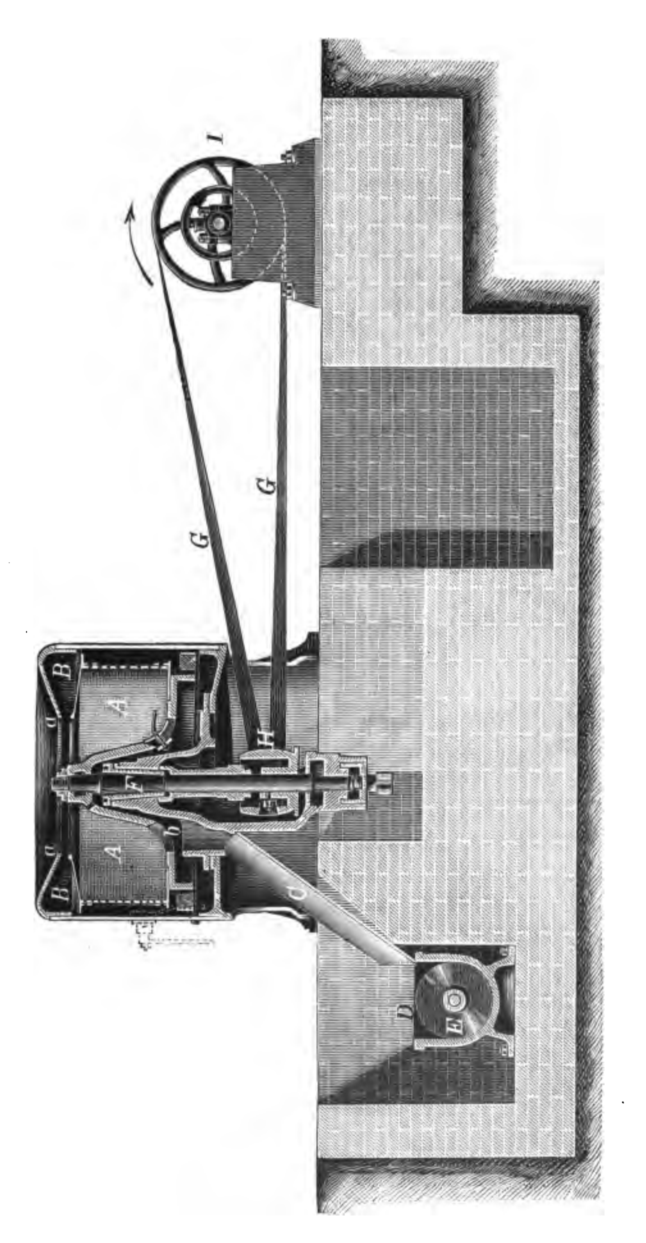


Fig. 87.

arriver par une conduite AB. La vapeur arrive entre la cuve et le panier de la turbine, de sorte que le turbinage s'effectue dans une atmosphèré humide (fig. 86).

Turbines à transmission inférieure. — Ces turbines se font de plusieurs diamètres. Actuellement ces turbines, d'un diamètre de 0 m. 45 à 1 m. 25 tendent à se répandre. Elles permettent de turbiner jusqu'à 200 kilos de masse cuite. Les turbines de 1 mètre de diamètre traitent 150 kilogrammes de masse cuite par opération.

Ces turbines se composent (fig. 87) d'une cuve B munie, d'un rebord et d'un axe F, d'un panier A en tôle d'acier muni d'ouvertures dans le fond pour le déchargement rapide du sucre turbiné qui sort par le plan incliné C et est pris par la vis E placée dans un transporteur D. Une poulie H, calée sur l'axe reçoit le mouvement d'une autre poulie I par l'intermédiaire d'une courroie G. Cette turbine est de la construction J. Blancke, de Paris. Celle de la fig. 83 est de la Société de constructions mécaniques de Saint-Quentin. Les deux appareils ne diffèrent entre eux que par des détails de construction.

Le dispositif de vidange se compose de trois clapets qu'on soulève au moment du récoltage et qu'on referme pendant le turbinage.

Depuis l'entrée de l'électricité comme moyen de transport de l'énergie, on construit maintenant des turbines dont la transmission se fait au moyen d'une dynamo secondaire placée sur l'axe et à l'abri des projections de mélasse. On emploie de préférence dans ce but les courants polyphasés qui sont plus économiques.

Le turbinage d'une masse cuite se fait de la manière suivante.

La masse préparée comme nous le verrons plus loin est versée dans la turbine. Celle-ci peut être indifféremment soit en marche, soit au repos. Le démarrage d'une turbine au repos est plus pénible et nécessite un travail plus grand de la machine, surtout lorsqu'on turbine avec des appareils contenant une forte charge de masse.

La turbine mise en marche par le rapprochement des deux roues de friction pour les turbines Cail ou pour l'embrayage

sur la poulie fixe pour les turbines à commande inférieure, accélère sa vitesse. Lorsque celle-ci est suffisante, l'égout commence à s'écouler peu à peu par le bec qui se trouve à la partie inférieure de la cuve. L'égout qui s'écoule le premier se nomme l'*égout pauvre*, on le recueille dans une rigole spéciale. Peu à peu la masse perd sa couleur foncée et le sucre est roux. On s'arrête à ce point si l'on travaille en roux. Si, au contraire, en fait du blanc, on commence à mettre la vapeur et en même temps on change la direction de l'égout dont la pureté s'élève petit à petit. C'est l'*égout riche*. Le sucre devient blanc sous l'influence de la vapeur chaude. Dans quelques fabriques on arrête la vapeur à ce moment et si l'on tient à obtenir un produit très blanc, on jette dans la turbine une mesure donnée d'eau froide, aussi froide que possible ou de claircе à 15-20° Bé, qu'on obtient en diluant un peu d'égout riche. Quelquefois on ajoute à l'eau de l'outremer ou du bleu d'aniline 3B, qui corrige la teinte jaune du sucre et augmente sa blancheur.

On continue la rotation encore pendant quelques instants et enfin on arrête la turbine au moyen du frein.

Au moyen d'une raclette en bois on fait détacher le sucre de la toile et on le récolte avec une main également en bois. Il est bon, surtout avec les turbines Cail, de placer devant le sac une plaque de tôle articulée pour que le sucre qui s'échappe de la main ne tombe pas sur le panier et de là dans les égouts.

B. — Délayage de la masse cuite pour le turbinage.

La masse cuite telle qu'elle sort de l'appareil se turbinerait difficilement ; il est donc nécessaire de lui incorporer une clairce et de la délayer avec un liquide qui ne dissolve plus de sucre.

Lorsqu'on n'ajoute pas d'égouts à la cuite dans l'appareil, la masse est coulée dans de grands bacs plats garnis de valves à la partie inférieure qui donnent au-dessus d'un transporteur à hélice qui amène la masse au moulin (fig. 88). Dans d'autres installations plus simples, on se contente de prendre la masse cuite à la pelle et de la jeter dans le même moulin où coule,

venant d'un bac supérieur, de la mélasse délayée avec de l'eau et qui doit peser 38 à 40° Bé à chaud.

Ce moulin à masse cuite est un bac en fonte A dans lequel sont placés deux arbres parallèles DD munis de bras B se croisant. Deux pignons GH, un arbre E et deux poulies folle et fixe F complètent la transmission. La clairce arrive par le tuyau V. — A la partie inférieure le moulin est muni d'une trappe et d'une trémie qui déverse la masse délayée dans de grands bacs qu'on renverse au-dessus de chaque turbine. Ces bacs sont généralement suspendus et mobiles sur un rail et articulés pour faciliter le déversement.

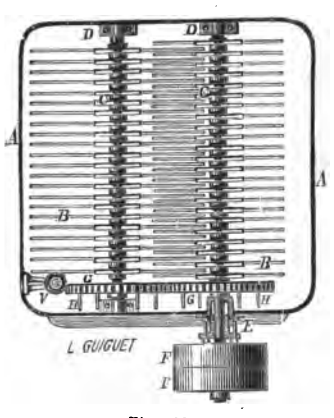


Fig. 88.

Le fonctionnement du chargeur jaugeur se fait comme suit : Le levier placé au-dessus de la tête de l'ouvrier est disposé de manière que la trappe supérieure soit ouverte, la trappe inférieure reste fermée, le chargeur s'emplit. On met la turbine en marche, on manœuvre le levier pour ouvrir la trappe inférieure. Celle du dessus se ferme et la turbine se charge. Un rebord ou lécheur retient la masse qui s'égoutte encore lorsque la première manœuvre est recommencée.

En même temps qu'on turbine on manœuvre au moment voulu le classement des égouts au moyen d'une coulotte en fonte dont le fonctionnement est facile à comprendre sur la figure 89.

Au moyen de ce système deux hommes suffisent pour le service de 8 à 10 turbines Cail pour charger, claircer et récolter.

Le sucre est versé dans des entonnoirs émaillés qui donnent dans des hélices émaillés, qui elles-mêmes aboutissent à l'élévateur de sucre qui se compose de godets émaillés placés sur une chaîne. Il est bon, si tout se fait mécaniquement de recevoir le sucre dans un tamiseur qui retient les grumeaux avant

que le sucre ne soit reçu dans l'ensacheur sur lequel nous reviendrons plus tard.

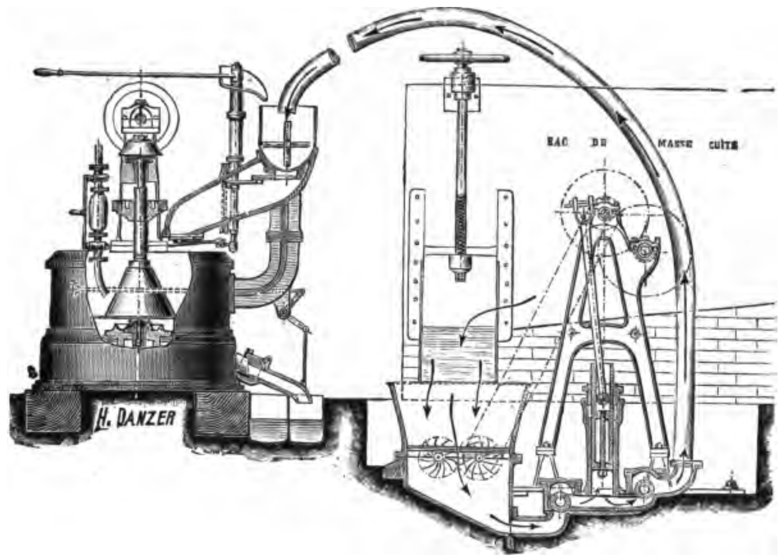


Fig. 89.

Système Thomas. — Les légendes qui accompagnent les figures 90, 91 et 92 indiquent les détails des différentes pièces qui composent le transporteur de masse cuite système Thomas. La masse cuite arrivant par l'hélice AF se déverse dans le chargeur CL puis dans la turbine. La sélection des égouts se fait en R. S. S.

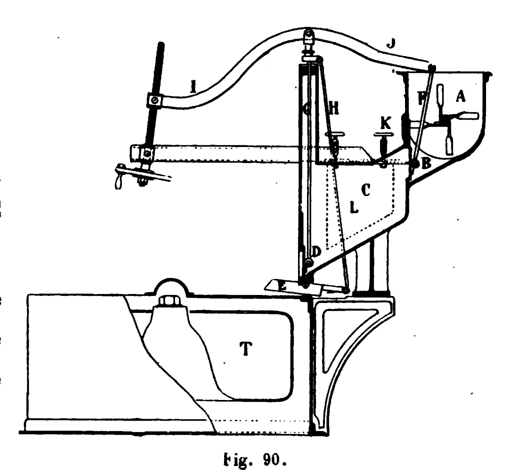


Fig. 90.

A Délayeur de masses cuites.
B 1re trappe de chargement.
C Jauge du chargeur.
D 2e trappe de déchargement.
E Bavette à égouttures.
F Tige de commande de la 1re trappe.
G Tige de commande de la 2e trappe.
H Tige de commande de bavette.
IJ Levier de commande.
K Regards.
T Turbines.



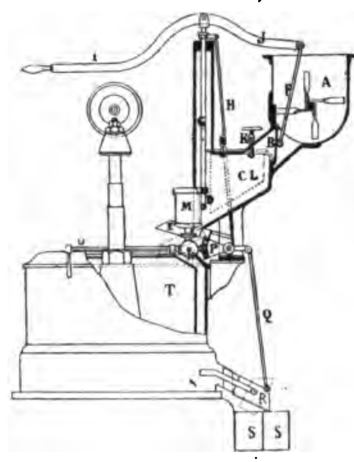


Fig. 91

AD élayeur de masses cuites.
B 1re trappe de chargement.
C Jauge du chargeur.
D 2e trappe de déchargement.
E Bavette à égouttures.
F Tige de commande de la 1re trappe.
G — — — 2e —
H — — — bavette.
IJ Levier de commande.
K Regards.
M Bouteille à clairce.
N Robinets à 3 voies.
O Tige de manœuvre du robinet.
P Secteur pour manœuvrer le séparateur d'égouts.
Q Tige de manœuvre du séparateur.
R Séparateur d'égouts.
S Nochères des égouts.
T Turbine.

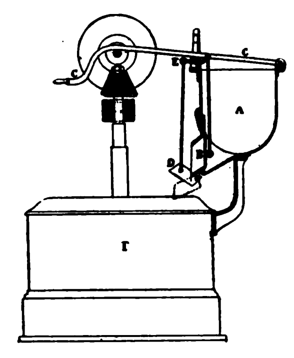
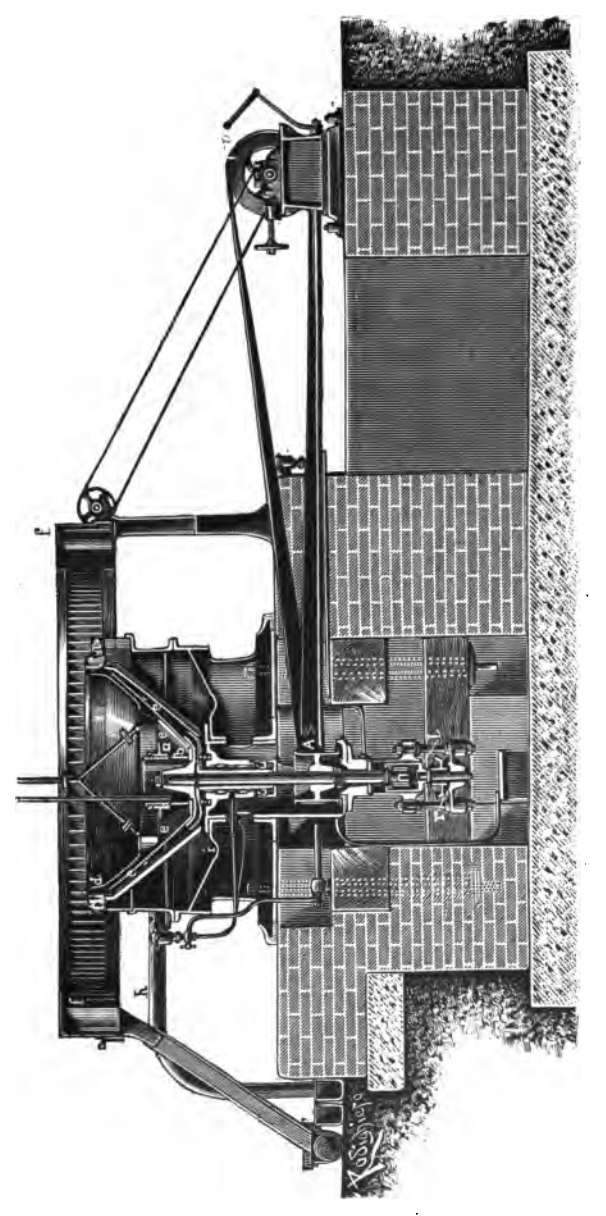


Fig. 92.

A Délayeur de masses cuites.
B Registre de chargement.
C Levier de manœuvre.
D Bavette à égouttures.
E Levier de commande de la bavette.
T Turbine.

Turbine continue Szczeniowski et Piontkowski. — Cette turbinereprésentée fig. 93 se compose d'un panier de forme conique dans lequel arrive la masse cuite. Cette masse s'élève peu à peu sous l'action de la force centrifuge et les grains complèment secs s échappent par le bord supérieur *d* et sont recueillis dans un collecteur *f* animé d'un mouvement lent. Les égouts sont sélectionnés dans deux compartiments. Au-dessus du panier conique se trouve disposée une toile de manière que la masse en turbinage soit constamment enfermée dans un espace clos dans lequel arrive de la vapeur par le tuyau *h*.

Cet appareil turbine de 35 à 40 sacs de sucre blanc à l'heure et à la vitesse de 500 tours.



Fig, 93.

Turbine automatique Thomas. — Cet appareil supprime toute la main d'œuvre du turbinage, puisque toutes les opérations sont rendues mécaniques.

L'arbre vertical de la turbine reçoit son mouvement par un arbre moteur K qui le transmet à la poulie K' par courroie torse.

Au-dessus de l'arcade de la turbine est placé un autre arbre W commandé par un autre arbre Z; sur ces arbres sont calées deux cames à gradins servant à faire varier la vitesse de l'arbre W, ce qui a pour conséquence de régler la durée du turbinage suivant la nature de la matière à traiter; sur l'arbre 2 sont montées plusieurs cames, dont nous allons successivement étudier les effets.

1° La came 3 qui vient agir par sa partie la plus haute, sur l'extrémité du levier 4. Sous l'action de la came, le levier 4 pousse sur le levier 5 qui, à son tour, fait osciller le levier 6 autour de son axe de suspension, ce qui a pour résultat de faire soulever l'obturateur qui ferme le fond du réservoir J. Le temps pendant lequel l'obturateur reste soulevé est calculé de façon que la matière qui sort du réservoir J remplira le chargeur-jaugeur G.

2° La came 8 qui agit sur le levier 9; ce dernier, à son tour, élève la soupape L par l'intermédiaire du levier 10. Ce qui permet à la matière contenue dans le chargeur-jaugeur G, de passer dans le panier de la turbine. L'action de la came 8, sur le levier 9, se produit lorsque le chargeur-jaugeur est plein et lorsque la turbine est en vitesse,

3° La came 13, qui, à chaque révolution de l'arbre 2, vient agir sur le levier 19 (fig. 94) de façon à embrayer ou débrayer la turbine au moyen d'une chaîne conductrice O et d'un débrayage à contre-poids M, et la vitesse de l'arbre de commande du panier E se ralentit, ledit arbre ne tournant plus qu'en raison de la vitesse acquise.

4° La came P qui, à chaque révolution de l'arbre 2 vient agir sur le bras du levier du frein P. Ce frein, sous l'action de la came, agit sur l'arbre de commande du panier E et arrête presque complètement la turbine.

Sur l'arbre de commande du panier est monté un régulateur

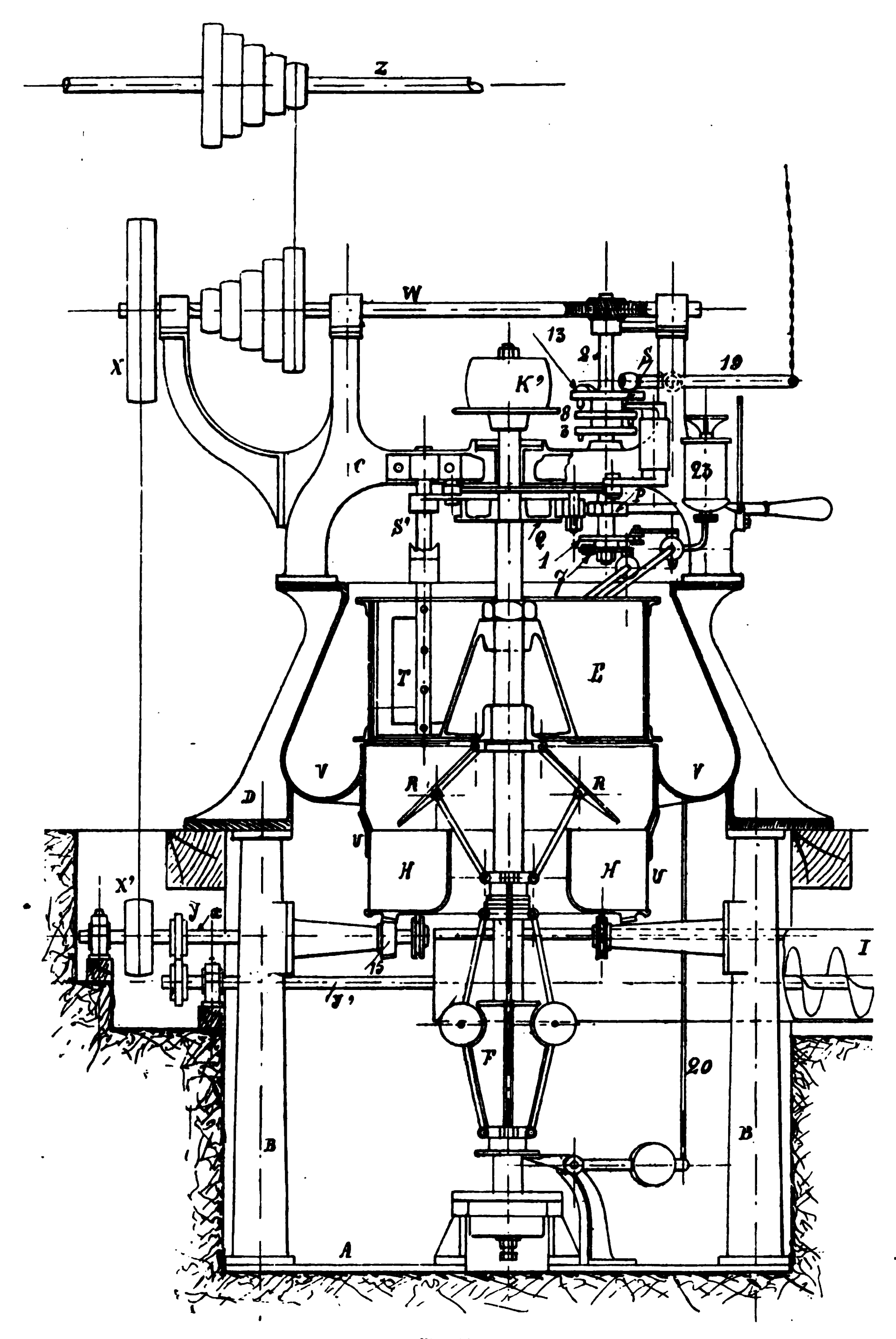


Fig. 94.

à boules qui est relié à 4 obturateurs R, placés sur le fond du panier E. Tant que l'arbre de commande tourne à la vitesse normale, les obturateurs R, sous l'action du régulateur, restent horizontaux et forment le fond du panier, mais aussitôt que le panier s'arrête, les boules retombent, entraînant les obturateurs R qui laissent alors tomber dans la nochère H la matière contenue dans le panier. Cette nochère H est formée d'une partie fixe V et d'une partie mobile au-dessous de laquelle est fixée une crémaillère circulaire qui engrène avec le pignon 15 calé sur l'arbre X qui reçoit un mouvement de rotation de l'arbre W, par les poulies XX'. La nochère R porte également sur sa face inférieure une partie saillante qui se déplace sur des galets soutenus par le bâti de l'appareil. La partie U porte latéralement une ouverture complétée par un arrêt, barrage qui arrête la matière entraînée par son mouvement de rotation, et qui force cette matière à traverser l'ouverture pratiquée sur la paroi U, de façon à venir tomber dans l'hélice qui la transporte hors de l'appareil. Cette hélice 1 est montée sur un arbre horizontal J, qui reçoit un mouvement de rotation de l'arbre par une chaîne de transmission V.

Pour pouvoir détacher complètement la matière du panier E, un grattoir T est placé intérieurement; lorsque le panier est en vitesse le grattoir est éloigné de la périphérie du panier, mais aussitôt son ralentissement, il s'en rapproche sous l'action de la came 8 qui agit par les leviers sur l'arbre vertical S du grattoir. Si l'on suppose :

1° Que les réservoirs G et J sont pleins de matière à traiter.

2° Que la turbine est en pleine vitesse.

3° Que la vitesse de l'arbre W a été réglée pour donner une durée d'essorage appropriée à la nature de la matière à traiter.

L'arbre 2 tourne, entraîné par l'arbre W commandé par roue et vis sans fin ; à un certain moment, la came 13 vient appuyer sur le levier 19 qui débraye l'arbre moteur K; aussitôt la turbine tourne seulement en vertu de la vitesse acquise. Au même moment la came P agit sur la queue du frein et ce dernier arrête presque complètement la turbine. Les obturateurs RR s'ouvrent et laissent tomber la matière turbinée dans la nochère qui la conduit dans l'hélice I; la chute de la matière

est facilitée par le grattoir T qui se rapproche des parois du panier.

Le panier E se trouve donc vidé automatiquement et ce, pendant l'action des cames P et 13 sur les organes respectifs qu'elles commandent. Dès que l'action de ces cames a cessé, la turbine reprend sa vitesse, le grattoir s'écarte et les obturateurs RR reviennent en place. A ce moment, la came 3 agit et fait ouvrir la soupape L, comme nous l'avons expliqué plus haut; la matière contenue dans le chargeur-jaugeur G tombe dans la turbine. La came 3 cessant son action, la soupape L se referme et, aussitôt, la came 8 fait ouvrir la porte qui ferme le fond du réservoir J; une certaine quantité de matière passe dans le chargeur-jaugeur et ce, tant que dure l'action de la came 8. Après cette opération, tous les organes se retrouvent donc dans la position qu'ils occupaient au début de l'étude du fonctionnement et l'arbre 2 continuant à tourner sans interruption les mêmes phénomènes se reproduisent dans le même ordre.

Les cames 1 et 7 agissent de la même façon que celles décrites précédemment sur les clefs des robinets du clairceur 23 et sur celui du robinet à vapeur à des moments mathématiquement déterminés, de même que celle pour la séparation des égouts qui se fait dans les nochères 21 et 22.

En outre, pour obvier au cas où la turbine, par une circonstance fortuite, ne se viderait pas, un déclic 20, appelé cavalier seul, empêche d'une façon absolue le rechargement de la turbine.

PROCÉDÉS DIVERS DE TRAVAIL DES MASSES CUITES ET DES ÉGOUTS.

1° *Cristallisation en repos.*— Nous désignons ainsi la cristallisation dans les anciens bacs de purgerie ou dans les caisses Schutzenbach ou analogues. Ce procédé est encore employé dans beaucoup d'usines, mais il tend à disparaître tous les jours remplacé par la cristallisation en mouvement ou par des procédés de malaxage. Cependant quelques fabricants ont encore confiance en ce procédé. Nous n'en voulons pour preuve que le montage d'une purgerie neuve dans une sucrerie de l'Aisne, cette année.

L'ancien procédé se pratique ainsi. L'égout de turbinage est cuit au filet fort dans l'appareil à cuire, puis réchauffé à 100 — 110° et coulé dans les bacs d'empli. Au bout de six semaines

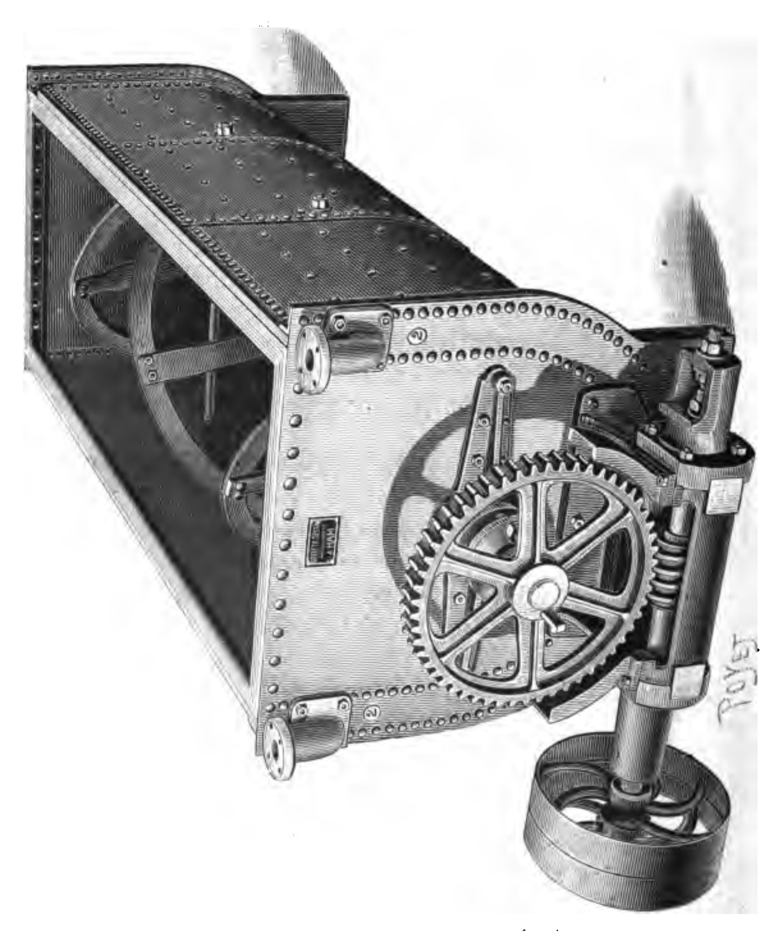


Fig. 95.

la masse seule est turbinée et l'égout recuit mais au filet faible. On coule de nouveau en empli et on ne turbine qu'après 3 mois au moins ; si le nouvel égout à une pureté suffisamment élevée pour que son traitement couvre les frais, on recuit de nouveau

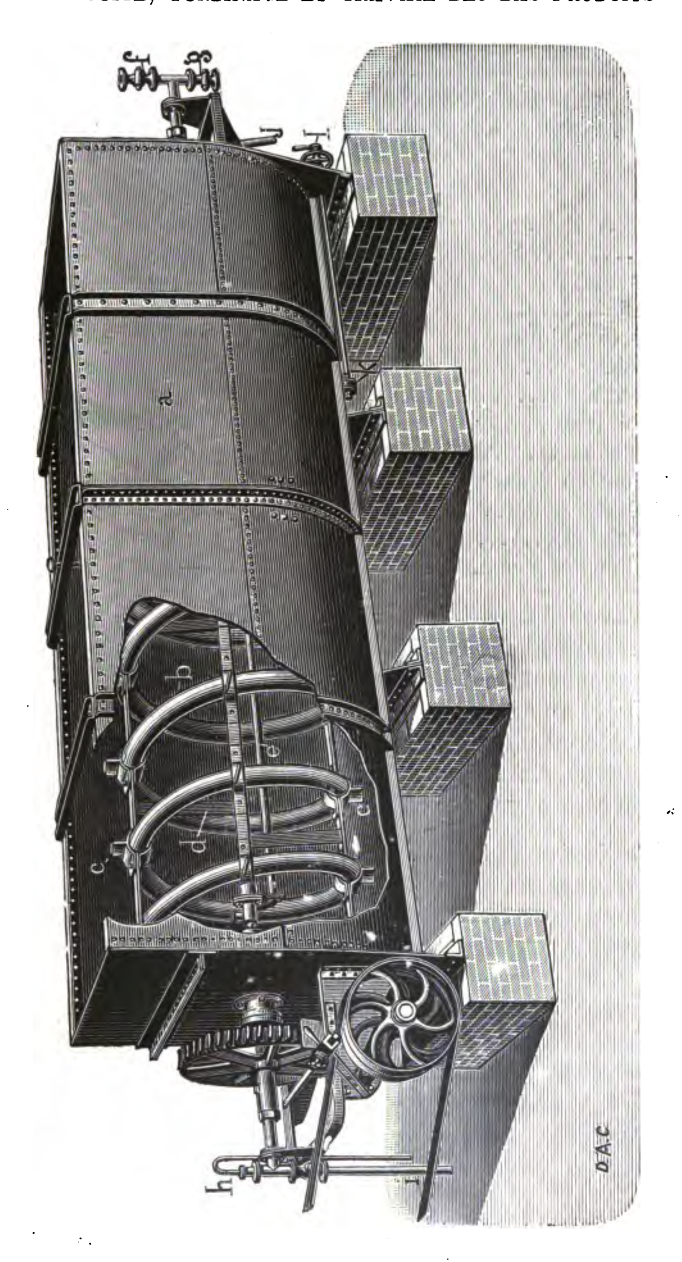


Fig. 96.

et on fait un 4e jet. Dans le cas contraire, on considère l'égout comme étant de la mélasse. Pour présenter un aperçu de la diminution de pureté et de qualtié de ces masses cuites, nous donnons quelques moyennes d'analyses se rapportant à toute une campagne.

	1er Jet.	2e Jet.	3e Jet.	Mélasse.
Densité....	150.75	147.5	145.7	137.9
Sucre..................	85.70	72.67	61.15	44.86
Cendres..............	2.97	6.41	9.59	10.65
Eau réelle............	7.20	11.73	14.20	27.24
Matières organiques...	4.13	9.19	15.06	17.25
Pureté réelle..........	92.30	82.35	71.30	61 65
Coefficient salin.......	28.83	11.33	6.37	4.20
Alcalinité (CaO)..	0.07	0.13	0.05	»
Sels de chaux.........	0.08	0.14	0.12	»
Rendement en sucre p. 100 de betterave (polarisation).......	6.56	2.30	0.62	1.42
Polarisation des sucres.	98.80	92,74	92.85	44.86

On peut avoir des variations sensibles dans la composition des masses cuites de tous jets. Souvent les masses cuites de IIe jet se rapprochent de celle désignée dans le tableau sous le nom de IIIe jet ou entre les deux et enfin on a parfois en IIe jet des cuites encore plus impures que celle de IIIe jet mentionnée dans ce tableau. Cela dépend du mode de travail adopté, des rentrées du turbinage, des cuites, du sucre produit, etc.

2° *Cristallisation en mouvement Stammer-Bock* (1888). — La cristallisation en mouvement s'effectue dans des cristallisoirs à double fond ouvert pour le réchauffage ou le refroidissement (fig. 95 et 96). La fig. 96 représente le malaxeur Ragot et Tourneur *a* dont la conception est originale et qui permet de refroidir ou de réchauffer facilement la masse en malaxage. Les bras de l'hélice sont constitués par un tuyau rond, creux *d* dans lequel circule de l'eau froide ou de l'eau chaude ou de la vapeur *h* à très basse pression. Ce tuyau est maintenu rigide par des traverses et des colliers *c*.

Le nombre de tours de l'arbre est environ de deux par minute.

La cristallisation en mouvement a été perfectionnée par

Maguin qui préconise le travail suivant : Introduction des égouts riches et pauvres à la cuite et malaxage avec des égouts pauvres qui sont ajoutés successivement et en plusieurs fois. Le refroidissement dure 24 heures et s'achève à 45°. La pureté de l'égout final est de 60-63 et le coefficient salin de 5.50 à 5.80.

3. *Procédé Steffen.* — Steffen a fait breveter en 1889 son procédé de malaxage des masses cuites qui consiste à mélanger la masse cuite chaude sortant de l'appareil avec des mélasses ou du sirop ne cristallisant plus et à laisser graduellement refroidir le mélange afin que les cristaux de la masse cuite et les cristaux ultérieurement séparés de la liqueur mère dans les batteries de lessivage puissent être facilement obtenus. La mélasse de turbinage est rejetée et ne sert plus.

La quantité de sirop à ajouter à la masse cuite dépend de la quantité d'eau qu'elle contient (environ 6 0/0). Elle n'est pas moins de 20 0/0 ou plus de 100 0/0 de cette masse. La concentration des mélasses n'est pas inférieure à 42° Bé et la température celle de l'usine. Le refroidissement ne doit pas être porté au-dessous de cette température ; quant à la durée du malaxage, elle doit être de 12 heures au moins et en moyenne de 20 à 24 heures.

En 1890, Steffen fit breveter sa cuite systématique qui consiste à faire rentrer dans l'appareil à cuire des égouts de plus en plus pauvres, provenant du lessivage des masses cuites.

La théorie de ce lessivage consiste à introduire la masse cuite achevée dans une caisse de contenance assez faible et à faire passer sur les cristaux une clairce d'une pureté déterminée. Au bout d'un certain temps, cette clairce est remplacée par une autre, moins pure, et ainsi de suite en employant des clairces de moins en moins pures. A chaque passage, la clairce employée baisse de pureté. On la descend dans l'échelle des clairces qui seront utilisées ultérieurement. En opérant ainsi, il arrive un moment où la pureté s'est tellement abaissée que le liquide n'est plus apte à abandonner le sucre par cristallisation. C'est de la mélasse. Steffen emploie 10 clairces au moins L'excès de ces clairces est rentré systématiquement dans l'appareil à cuire.

4. *Procédé Raeymaeckers.* — Si l'on considère la composition

d'une mélasse normale de fabrique, nous lui trouverons sensiblement la composition de :

Brix..	83,00
Sucre	49,80
Non-sucre	33,20
Eau	17,00
Pureté	60,00

Nous remarquerons que, dans cette mélasse, le rapport entre le non-sucre et l'eau est :

17 : 33,2 ou à peu près comme 1 : 2.

Si donc nous désirons décomposer une masse cuite en sucre cristallisé et mélasse, ce qui est le but poursuivi, il faudra nécessairement que dans la composition de cette masse cuite l'eau et le non-sucre se trouvent dans le rapport indiqué ci-dessus.

Prenons une masse cuite de composition moyenne. Nous y trouvons :

Brix	93,00
Eau	7,00
Sucre	84,63
Non-sucre	8,37
Pureté	91,00

Nous constatons que le rapport entre l'eau et le sucre, 7 : 8,37, ne correspond nullement à la proportion nécessaire.

Deux voies sont applicables pour arriver au but :

a) *Diminuer l'eau dans la masse cuite.*

Dans ce cas nous aurons une masse cuite à peu près composée comme suit :

Brix	96,00
Eau	4,00
Sucre	87,36
Non-sucre	8,64
Pureté	91,00

Ici nous avons réussi à avoir :

4,00 : 8,64 = 1 : 2.

Mais une masse cuite à 4 p. 100 d'eau ne s'obtient que difficilement dans les appareils ordinaires, et, par le refroidissement

nous obtiendrons un bloc compact d'un turbinage impossible sans addition d'un sirop quelconque.

Mieux vaut procéder par :

b) *Augmentation du non-sucre dans la masse cuite.*

Imaginons une cuite dans laquelle le rapport entre eau et non-sucre existe comme il doit être, et qui, de plus, contienne une quantité d'eau suffisante pour qu'elle puisse être refroidie dans un malaxeur, dans lequel la cristallisation s'achèvera dans les meilleures conditions.

Cette cuite aura comme composition centésimale :

Brix....................	92,00
Eau........................	8,00
Non-sucre.................	16,00
Sucre......................	76,00
Pureté.....................	82,60

Si nous soumettons une cuite semblable au malaxage et au refroidissement lent, dans un malaxeur quelconque, nous pourrons, par égouttage naturel (lavage), retirer de cette masse un sirop-égout dont la pureté sera très voisine de 60. Par turbinage ou égouttage forcé, le coefficient de l'égout sera de 64 à 66.

De là, la conclusion que pour retirer d'une masse cuite le plus de sucre en 1er jet, il faut ramener le coefficient de pureté de cette masse cuite vers 82 ou même au dessous de ce chiffre, et à tant pour 100 d'eau variant entre 7 et 8 p. 100.

La quantité d'égout qui doit rentrer dans la masse cuite de 1er jet est considérable, et varie naturellement suivant le coefficient de la masse cuite d'une part et le coefficient de l'égout d'autre part.

En prenant pour ces deux éléments les chiffres moyens de 90 et 65 nous calculerons que pour faire 100 kil. d'une masse cuite à 82 de pureté il faudra :

$$\frac{100\,(82-65)}{(90-65)} = 68 \text{ kil. de masse cuite initiale,}$$

et $100 - 68 = 32$ kil. de masse cuite provenant de l'égout à 65.

Les considérations théoriques que nous venons d'exposer se confirment absolument dans la pratique. Il ne s'agit donc,

pour obtenir le maximum de rendement, que de faire une cuite ayant une composition telle qu'elle renferme :

7 à 8 p. 100 d'eau
82 à 80 de quotient de pureté.

C'est-à-dire que le rapport entre l'eau et le non-sucre y soit de : 1 : 2 ou même de 1 : 1,8.

Pour réaliser cette rentrée des égouts en pratique, on peut procéder de deux façons :

a) *Rentrée des égouts à la cuite.*

Supposons que la capacité de l'appareil soit de 125 hectolitres, que la pureté des égouts soit 65, la pureté des jus concentrés 90 et qu'on désire obtenir une masse ayant 82 de pureté.

On commence la cuite de manière ordinaire, en faisant beaucoup de grain et en serrant la cuite à 90° C, et très légère.

Dès que l'appareil de cuite contiendra.

$$\frac{125 \times 68}{100} = 85 \text{ hectolitres de masse cuite.}$$

On desséchera la masse à 4 p. 100 d'eau, et on continuera ensuite à cuire les égouts préalablement dilués à 60° Brix, jusqu'à ce que la masse cuite dans l'appareil atteigne le trait de jauge de 125 hectolitres. On terminera la cuite en y laissant *un peu moins* d'eau que la quantité de 7 à 8p. 100 fixée. La masse cuite sera coulée ensuite dans le malaxeur et refroidie pendant dix-huit à vingt heures. Pendant le refroidissement on ajoutera, sous forme de sirop à 60° Brix, obtenu au moyen d'égouts à 65 de pureté, la petite quantité d'eau qui pourrait manquer dans la masse. Cette manière de procéder est très simple et facile à conduire. Elle a l'inconvénient d'exiger une capacité considérable pour les appareils à cuire les 1ers jets.

b) *Rentrée des égouts dans le réfrigérant.*

Ce système est non moins bon que le précédent, mais un peu moins facile à conduire.

Supposons toujours que nous désirions obtenir une masse cuite dans les mêmes conditions de qualité et de quantité que ci-dessus.

125 hectol. × 148 = 18.500 kil. pour 125 hectol.

Dont : $\frac{18.500 \times 86}{100} = 12.580$ kil. constitués par de la masse cuite pure, et :

18.500 — 12.580 = 5.920 kil. provenant des égouts.

Supposons que l'analyse des égouts soit :

Brix	84,00
Sucre	54,60
Eau	16,00
Pureté	65,00

Admettons que nous désirions avoir dans notre masse cuite refroidie à 82 de quotient, 7,5 p. 100 d'eau.

La quantité totale d'eau dans cette cuite sera donc de :

$$\frac{18.500 \times 7,5}{100} = 1,387 \text{ kil.}$$

Par la rentrée de 5.920 kil. d'égouts on amène dans la masse :

$$\frac{5,920 \times 16}{100} = 947 \text{ kil. d'eau.}$$

La masse cuite ne pourra donc contenir que :

1.387 — 947 = 440 kil. d'eau.

Or, si 12.580 contiennent 440 kil. d'eau,

$$100 \text{ contiendront } \frac{440 \times 100}{12.580} = 3,5 \text{ kil. d'eau.}$$

Afin d'éviter la dificulté de lâcher une cuite renfermant aussi peu d'eau par la sortie généralement étroite des appareils usuels, il y aura lieu d'aspirer, dans tous les cas, une certaine quantité d'égouts dans la cuite même, afin de faciliter la descente de la masse cuite. Le restant de l'égout qui doit aller directement dans le malaxeur sera préalablement réchauffé (par serpentin et non par injection de vapeur) à une température minimum de 70° C., puis versé dans le malaxeur au moment où la masse cuite pure y est introduite.

En général il sera plus facile de réchauffer et de concentrer légèrement (à 42 ou 48° Baumé) les égouts qui rentrent dans le malaxeur, au moyen d'un appareil à cuire les sirops et installé à proximité des appareils à cuire 1er jet. De cette façon on pourra serrer la cuite 1er jet et on pourra régler plus facilement le tant pour cent d'eau du mélange.

Le rendement d'une masse cuite en sucre d'une qualité quelconque se déterminera très facilement en prenant pour base les coefficients de pureté de la masse pure et la pureté des sirops ou égouts extraits.

Supposons une masse cuite pure, sans égout, composée comme suit :

Brix	93.00
Eau	7,00
Sucre	84,63
Non-sucre	8,37
Pureté	91,00

Et abandonnant par turbinage un égout ayant la composition suivante :

Brix	83,00
Sucre	53,95
Non-sucre	29,05
Eau	17,00
Pureté	65,00

Dans cet égout :

29,05 parties de non-sucre immobilisent 53,95 parties de sucre
1 — — — 1,85 —

Dans la masse cuite ci-dessus nous avons 8,37 de non-sucre; si nous décomposons idéalement cette masse cuite en sucre pur et sec et en un sirop à 65 de quotient ayant la composition indiquée ci-dessus, il résultera que dans ce sirop nous aurons :

$$8,37 \times 1,85 = 15,48 \text{ de sucre.}$$

Cette quantité déduite de la polarisation de la masse cuite nous donnera :

$$84,63 - 15,48 = 69,15 \text{ de sucre pur}$$

extractible de la masse cuite, et

$$100 - 69,15 = 30,85 \text{ kil. d'égout ayant 65 de quotient}$$

et, pour le reste, la même composition que le sirop ci-dessus.

Si au lieu de faire du sucre blanc nous faisons du sucre roux, une certaine quantité de sirop d'égout restera adhérente aux cristaux de sucre, ce qui augmentera le poids du sucre extrait et diminuera le poids de l'égout résiduaire.

Admettons qu'après un turbinage il reste dans le sucre brut

1,5 p. 100 d'eau, cette quantité d'eau correspondra à une certaine quantité d'égout que nous allons évaluer :

17 kil. d'eau correspondent à 100 kil. d'égout.

1 — — $\frac{100}{17} = 5{,}88$ d'égout.

Dans notre sucre à 1,5 p. 100 d'eau nous aurons donc introduit :

$1{,}5 \times 5{,}88 = 8{,}82$ kil. d'égout.

C'est-à-dire qu'en sucre roux nous aurons :

$69{,}15 + 8{,}82 = 77{,}97$ kil. de sucre brut

et $100 - 77{,}97 = 22{,}00$ kil. d'égout.

Par le « lavage » l'égout aura un quotient qui ne dépassera pas 60 de pureté. Dans ces conditions le rendement en blanc serait de :

$8{,}37 \times 1{,}5 = 12{,}55$ (sucre dans l'égout)

$84{,}63 - 12{,}55 = 72{,}05$ kil. (sucre pur extractible).

En résumé, d'une masse cuite ayant la composition ci-dessus, il est possible d'obtenir un travail soigné en 1er jet :

A. — *En sucre blanc et sec, par lavage :*

Par 100 kil. de masse cuite...............	72 kil.
Soit par hectolitre.......	108 —

B. — *En sucre blanc et sec par le système de lavage mixte et clairçage par 2e jet :*

Par 100 kil. de masse cuite....	69,15 kil.
Soit par hectolitre...........	103,72 —

C. *En sucre roux rendement 89°* :

Par 100 kilogrammes de masse cuite.	77,97 kil.
Soit par hectolitre	116,95 —

Volume des malaxeurs 1er jet. — Nous admettons comme base 140 kilogrammes de masse cuite pure pour 1.000 kilogrammes de betteraves.

Quantité maximum d'égout à rentrer 40 p. 100 de la masse cuite pure.

Comme poids total nous aurons donc :

$$140 + \frac{140 \times 40}{100} = 140 + 56 = 196 \text{ kil. de masse cuite.}$$

A 148 kilogrammes à l'hectolitre cela fait :

$$\frac{196 \times 100}{148} = 1,3 \text{ hectolitres.}$$

Si nous admettons une durée de vingt heures de malaxage, il faudra compter que pour la vidange, nettoyage, emplissage, imprévus, un malaxeur ne recevra qu'une charge de masse cuite par vingt-quatre heures. Nous pouvons donc admettre que pour 1.000 kilogrammes de betteraves mis en œuvre par jour il faudra une capacité de 1,3 hectolitres de malaxeur.

Si donc une sucrerie fait 250 tonnes de betteraves en vingt-quatre heures, il lui faudra :

$$250 \times 1,3 = 325 \text{ hectolitres.}$$

Si le travail se fait en blanc par turbine et rentrée des claircés provenant de la refonte des bruts 2e jet, il nous faut compter 1 hectol. 8 au lieu de 1 hectol. 3.

Les chiffres ci-dessus sont basés sur l'emploi de cristallisoirs ayant une capacité maxima de 200 hectolitres. Pour des malaxeurs plus grands il y aura lieu d'augmenter les bases susdites à cause de la lenteur plus grande du refroidissement.

Soit 1,5 au lieu de 1,3
— 2,0 — 1,8

La capacité des cristallisoirs 2e jet ne peut que difficilement être établie sans connaître les conditions dans lesquelles la sucrerie est montée et le travail qu'elle désire effectuer.

En général, pour obtenir une mélasse résiduaire de 59 à 60 de pureté, il faut en cristallisoirs 2e jet :

Pour 1.000 kilogrammes de betteraves par jour 2,2 hectolitres si le travail se fait en roux.

Pour 1.000 kilogrammes de betteraves par jour 2,5 hectolitres si le travail se fait en blanc et avec refonte des roux 2e jet et clairçage dans les turbines.

Les chiffres ci-dessus sont basés sur une cristallisation de cinq jours et un amorçage artificiel de la masse 2e jet.

Procédé Huch et Lauke. — Dans le procédé Huch et Lauke la cuite se continue dans des cristallisoirs fermés dans lesquels

on peut faire le vide (fig. 97 et 98.) Ces cristallisoirs se composent d'une grande enveloppe en tôle A, munie d'un double

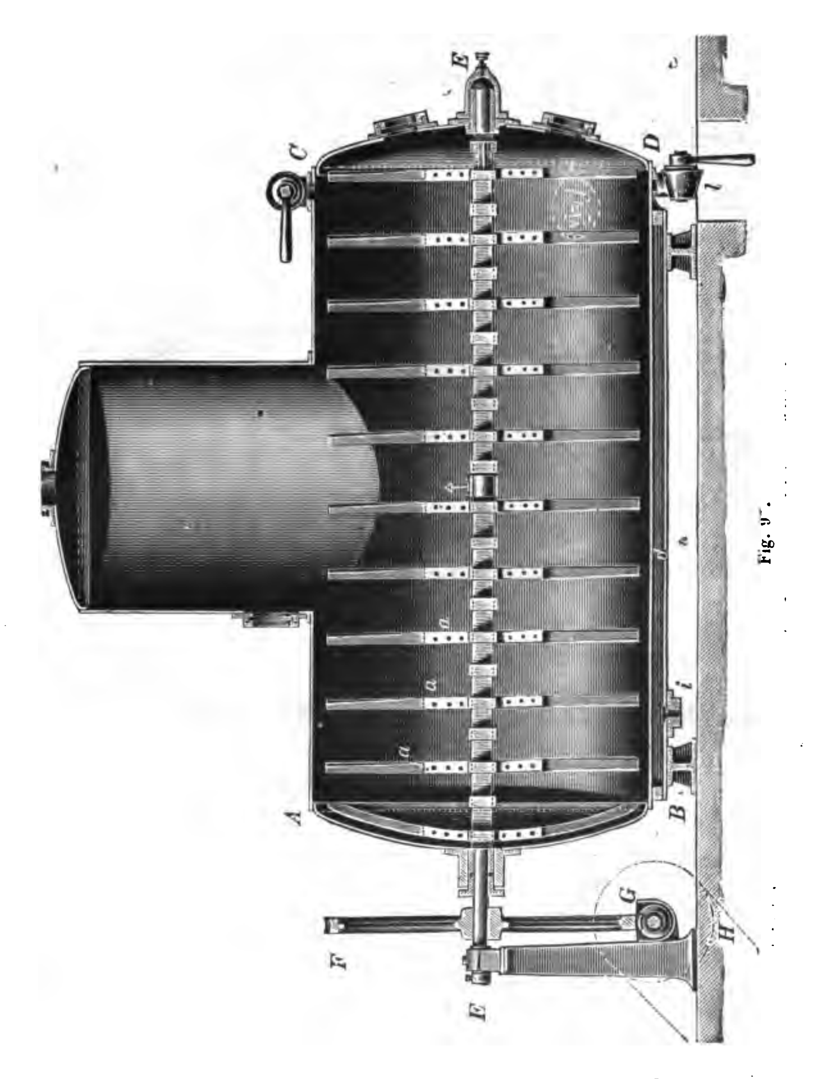


Fig. 97.

fond hémisphérique B. Un malaxeur E E qui tourne lentement tient constamment la masse en mouvement. La transmission est figurée en F G H. A la partie supérieure du dôme est une

tubulure qui communique soit avec l'appareil à cuire soit avec la dernière caisse du triple effet, soit avec la station centrale de vide. D est la vidange de l'appareil et I la purge du double fond. L'installation est complétée par une sonde, des regards, manomètre, indicateur de vide et thermomètre. En C arrive la masse à traiter.

Voici comment on opère avec le procédé Huch et Lauke.

La cuite est serrée au minimum d'humidité, dans l'appareil à cuire représenté fig. 98; on fait rentrer 12 p. 100 d'égouts. La masse se fluidifie facilement et sa température est de 60 à

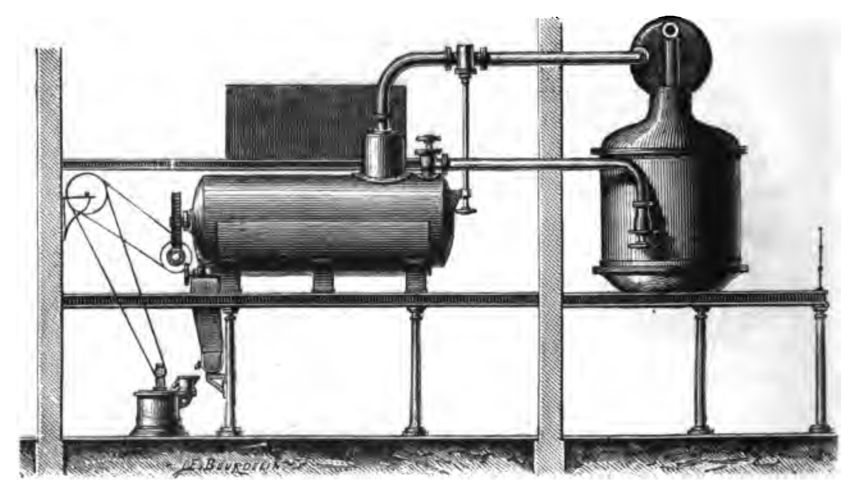


Fig. 98.

70 degrés. On fait rentrer l'air dans l'appareil à cuire et on fait le vide dans le malaxeur. En ouvrant C la masse cuite pénètre dans ce dernier. On maintient le vide à 68-70 centimètres en même temps qu'on introduit de la vapeur détendue à 0 kil. 35 dans le double fond. On malaxe continuellement et lorsque le serrage se produit de nouveau, on fait introduire 9 hectol. d'égout p. 100 de masse cuire primitive. Cette opération est répétée trois fois de suite. La durée de la cristallisation doit être d'environ douze à quatorze heures. On peut ainsi, par ce procédé, introduire 50 hectolitres d'égout p. 100 de masse cuite initiale.

Avec le procédé Huch et Lauke on réduit le nombre de jets à 2. L'égout qui provient du turbinage est recuit et coulé en empli.

Procédés Manoury. — L'ensemble des procédés Manoury donne directement d'après l'auteur et sans refonte en un jet unique le maximum de sucre blanc et comme résidu final le minimum de mélasse. Le premier procédé breveté le 24 novembre 1894 à trait à l'épuisement dans l'appareil à cuire de l'eau mère de cristallisation du sucre. Cet épuisement est obtenu par une alimentation,vers la fin de la cuite, au moyen d'égouts pauvres que l'on substitue au sirop de betterave. La quantité d'égouts pauvres à ajouter est calculée en se basant sur la solubilité du sucre dans l'eau à la température de coulée de la masse cuite; avec cette remarque que les masses cuites au coulage sont serrées à environ 8 p. 100 d'eau, afin d'éviter la sursaturation qui se produirait avec un serrage plus énergique S'il y avait sursaturation, les tables de solubilité du sucre dans l'eau aux différentes températures ne seraient plus applicables.

Les opérations relatives à ce premier procédé sont conduites comme suit dans la pratique industrielle : la cuite est grenée avec du sirop pur de la betterave et alimentée avec le dit sirop jusqu'à obtention de cristaux à la grosseur voulue. A ce moment on remplace l'alimentation avec le sirop de la betterave par une alimentation avec les égouts de turbinage. Deux cas peuvent se présenter : 1° fabrication de sucre blanc; 2° fabrication de sucres roux.

Fabrication de sucre blanc. — Cette fabrication exige des clairçages à l'eau et à la vapeur qui fournissent des égouts de turbinage d'une richesse supérieure à celle de l'égout naturel. On installe, pour cette raison, des séparateurs d'égouts à la sortie des turbines, ce qui permet de les classer en égouts pauvres (égouts naturels) et égouts riches (égouts de clairçages). Ces égouts sont envoyés au moyen de pompes dans des bacs en charge sur l'appareil à cuire ; on dispose des barboteurs de vapeur dans ces bacs, afin de porter à environ 80 degrés la température des égouts à rentrer à la fin de la cuite. Avec cette installation, aussitôt que par l'alimentation

avec le sirop pur de la betterave les cristaux de sucre auront dans la cuite la grosseur voulue, on supprime l'arrivée du sirop de la betterave que l'on remplace pour une alimentation avec les égouts riches de turbinage. Cette alimentation est continuée jusqu'à épuisement complet de la réserve d'égouts riches, on termine la cuite avec la quantité voulue d'égouts pauvres, pour obtenir l'épuisement de l'eau mère de cristallisation au point que l'on désire. Supposons que l'on veuille obtenir 60 pour la pureté de l'eau mère de cristallisation, que l'égout pauvre rechargé ait lui-même 60 de pureté et que la cuite à la coulée renferme 8,50 p. 100 d'eau ; on procédera comme suit à la détermination de l'égout pauvre à introduire à la fin de la cuite. La température de coulée de la cuite est de 85 p. 100 ce qui, d'après les tables de solubilité du sucre dans l'eau, donne 4 de sucre dissous pour 1 d'eau dans la cuite ; comme il y en a 8,50 p. 100, le sucre dissous, pour 100 de masse cuite sera : $8{,}50 \times 4 = 34$.

Pour que l'eau mère ait 60 de pureté il faudra qu'elle renferme en même temps que les 34 de sucre une quantité de non sucre donnée par l'équation :

$$\frac{100 \times 34}{34 + x} = 60 \text{ et } x \, \frac{0{,}4 \times 34}{0{,}60} = 22{,}66.$$

Supposons d'un autre côté que la masse cuite sur laquelle on a à recharger les égouts pauvres ait 88 de pureté ; cette masse cuite serrée à 8,5 p. 100, d'eau comme la masse cuite finale renfermera une quantité de non sucre égale à

$$91{,}50 - (0{,}88 \times 91{,}5) = 10{,}98$$

D'un autre côté l'égout pauvre rentré sur la cuite ayant 60 de pureté renfermera une quantité de non sucre à la concentration de la masse cuite finale qui sera égale à

$$91{,}50 - (0{,}60 \times 91{,}50) = 36{,}60$$

Désignons par x la portion de la masse cuite finale composée de sirop de la betterave et d'égouts riches et par y la portion venant des égouts pauvres, 100 de cette masse cuite finale sera composée de

$$x + y = 100 \text{ d'où } x = 100 - y$$

et $x \times 10{,}98 + y \times 36{,}60 = 100 \times 22{,}66$ on en déduit la valeur de $y = 45{,}55$ et de $x = 54{,}45$

Afin que le chef de fabrication puisse donner au cuiseur les instructions voulues, on dispose le long des glaces de l'appareil à cuire, une règle portant un trait pour chaque hectolitre de capacité de la cuite. Supposons par exemple qu'après la rentrée des égouts riches le cuiseur juge, d'après sa règle, qu'il y a 70 hectolitres de masse cuite dans son appareil; la quantité de masse cuite donnée pour la rentrée des égouts pauvres sera $\frac{70}{54,45} \times 45,55 = 58$ hectol. 55 et la masse cuite totale devra être $70 + 58,55 = 128$ hectol. 55, chiffre que le cuiseur devra observer sur la règle graduée pour arrêter son introduction d'égouts pauvres.

Fabrication des sucres roux. — Cette fabrication ne donnera au turbinage que des égouts pauvres qui seront élevés dans un bac en charge sur l'appareil à cuire, on les portera à environ 80 degrés au moyen d'un barboteur de vapeur pour la portion qui sera rentrée à la fin de la cuite. Comme précédemment la cuite sera d'abord préparée au moyen du sirop de la betterave jusqu'à obtention de grain à la grosseur voulue, on remplacera à ce moment l'alimentation au sirop de la betterave par une alimentation avec les égouts pauvres chauffés. La quantité d'égouts pauvres à rentrer sera déterminée en se servant des règles exposées dans la fabrication des sucres blancs. Lorsqu'on aura terminé la rentrée des égouts pauvres, la cuite sera serrée à environ 8 p. 100 d'eau et coulée dans un malaxeur refroidisseur où elle subira le traitement ci-après, commun à la fabrication des sucres blancs et roux. On observera l'abaissement de la température pendant le malaxage et lorsqu'on arrivera vers 60 degrés, on ajoutera à la masse de l'égout pauvre dilué vers 35 degrés Beaumé en quantité suffisante pour ramener la fluidité que la masse cuite possédait à la coulée et on pourra alors commencer le turbinage qui se fera à la façon habituelle.

Ce procédé se distingue de la cristallisation en mouvement en ce que l'épuisement est fait dans l'appareil à cuire au lieu de l'être dans les malaxeurs. Les avantages attribués au premier procédé Manoury sur le travail ordinaire sont les suivants : 1° Economie d'environ 20 p. 100 sur le combustible; 2° suppression de la main-d'œuvre pour le travail des bas pro-

duits ; 3° récupération de la mélasse livrée gratuitement dans les sucres roux à la raffinerie ; 4° suppression des pertes en sucre et mélasse dans le travail des bas-produits et enfin la suppression de la réfaction subie sur les sucres roux par les coefficients d'analyse imposés par les marchés de sucres bruts.

Ces avantages joints à la simplicité des opérations et à la propreté du travail en ont répandu en fort peu de temps l'emploi en sucrerie et raffinerie. En donnant tout le sucre ou presque le sucre à l'état blanc, la mélasse des sucres roux de bas-produits qui allait avant à la raffinerie, vient s'ajouter à la mélasse, résidu de la fabrication et en augmente la quantité. Il était dès lors intéressant de trouver un moyen simple d'épuration qui réduisit la mélasse tout en augmentant la proportion de sucre extraite. Le procédé qu'a fait breveter Manoury le 29 septembre 1896, consiste dans l'introduction de partie des égouts fortement alcalinisés par la chaux, la baryte ou la strontiane dans les jus de la betterave avant leur carbonatation et de la partie nécessaire à l'épuisement de l'eau-mère de cristallisation à la fin de la cuite. Les sucreries qui travaillent d'après cette méthode ont réduit leur quantité de mélasse dans une proportion telle qu'elle atteint aujourd'hui un chiffre moindre que lorsqu'elles produisaient une forte proportion de sucres roux de bas-produits.

L'épuration constatée dans l'emploi de ce procédé s'explique par l'action des matières albuminoïdes du jus brut sur les alcalis des égouts rentrant dans le travail.

Chacun sait, en effet, combien est grande l'affinité des matières albuminoïdes pour la potasse et ses sels, à tel point que l'on a cru pendant longtemps que la potasse entrait dans leur constitution. Dans ces conditions, on comprend que les matières albuminoïdes du jus qui se précipitent après coagulation sous l'influence de la chaux et de la chaleur entraînent avec elles une portion d'alcalis venant des égouts rentrés.

De là l'épuration constatée qui se traduit par la cristallisation d'une certaine quantité de sucre de la mélasse qui se trouve ainsi réduite dans son chiffre final. Comme exemple, nous citerons une sucrerie qui a obtenu 13,2 p. 100 du poids de la betterave en sucre sous forme de masse cuite 1er jet comme moyenne de la campagne avec une pureté moyenne de 90,5.

Cette sucrerie en employant le premier procédé Manoury aurait obtenu 11 kil. 25 de sucre blanc n° 3 et 4 kil. 60 de mélasse par 100 kilogrammes de betteraves, tandis qu'elle a obtenu 11 kil. 72 de sucre blanc n° 3 et 3 kil. 45 de mélasse par 100 kilogrammes de betteraves. Dans cet exemple, la mélasse a été réduite d'un quart par suite de l'épuration produite sur les égouts fortement alcalinisés rentrés dans le jus brut. Manoury recommande l'emploi de la baryte pour l'alcalinisation des égouts et pour que le prix de revient soit réduit il forme du sucrate de baryte avec une certaine portion d'égouts pauvres et c'est ce sucrate de baryte qui lui sert à alcaliniser les égouts rentrés dans les jus. On ne peut pas rentrer une quantité quelconque d'égouts dans les jus, il y a une limite que Manoury fixe entre 2 et 4 litres pour 100 kilogrammes de betteraves suivant la pureté des égouts dont on dispose pour faire cette rentrée.

Procéde Simplex. — Ce procédé est dû à Maguin qui tient le raisonnement suivant :

Un égout pauvre à 66-68 de pureté ne peut plus être cuit en grains sans amorçage.

L'amorçage au moyen d'un pied de cuite fait avec du sirop de premier jet donne une eau-mère trop riche, des cristaux trop fins, difficiles à turbiner et une sursaturation de l'égout avec production de grains fins dans le cristallisoir.

L'amorçage en sucres roux, introduits dans la cuite ou le cristallisoir, présente des manipulations onéreuses, des difficultés de répartition des cristaux dans la masse, des chutes de températures brusques, des productions de grains fins et une trop longue durée de malaxage.

Les expériences très nombreuses faites sur l'amorçage des masses cuites, ont amené Maguin à poser, pour que ce travail soit bon, rapide et complet, les principes suivants :

1° Les égouts pauvres de premier jet à cuire en deuxième jet doivent être débarrassés autant que possible de leur viscosité et pour cela traités par un procédé quelconque, la sulfitation par exemple, et soigneusement filtrés.

2° Il faut que les cristaux d'amorçage soient bien réguliers, parfaitement formés et bien répartis dans toute la masse à épuiser.

3° Il faut que l'eau-mère qui entoure les cristaux d'amorce soit sensiblement de la même pureté que les égouts à épuiser en présence de cette amorce.

4° Il faut que l'amorçage se fasse rapidement, à l'abri de l'air, et que l'amorce soit sensiblement à la même température que l'égout à épuiser.

Les difficultés éprouvées avec l'amorçage par pied de cuite en sirop de premier jet ou en sucres roux introduits à la cuite ou au cristallisoir; l'obligation d'observer les principes ci-dessus posés ont amené Maguin à découvrir qu'il y avait là près de la cuite de second jet une amorce idéale, dans l'appareil à cuire les premiers jets, alors que cette cuite est finie et les égouts rentrés.

A ce moment, en effet, l'eau-mère qui entoure les cristaux de premier jet dans l'appareil est celle-là même qui va composer la masse cuite de deuxième jet et est sensiblement à la même pureté ; les cristaux sont parfaitement répartis dans cette eau-mère, ils sont parfaitement formés, les températures de la masse premier jet et de l'égout à cuire sont presque identiques.

Donc, si l'on aspire de la masse cuite de premier jet dans la cuite du deuxième jet, en qualité d'amorce, un nombre d'hectolitres contenant la quantité de cristaux qui est nécessaire, on sera dans des conditions parfaites.

Les deux appareils à cuire sont en communication par une vanne spéciale avec tuyau plongeur dans l'appareil à cuire les premiers jets et déversoir dans l'appareil à cuire les deuxièmes jets.

Un bac à égouts avec serpentin ou barboteur pour réchauffer les égouts à 35 degrés environ et un bac à mélasse de mêmes dispositions sont placés en charge sur l'appareil et l'alimentent successivement.

La cuite étant terminée et les égouts rentrés dans l'appareil du premier jet, il suffit de rompre le vide dans celui-ci, d'ouvrir la soupape de communication et d'aspirer dans l'appareil à cuire les deuxièmes jets, la quantité d'amorce voulue dont une règle graduée, placée vertiealement le long de l'appareil, près des glaces, indique le volume.

Pour cela, le vide est maintenu dans l'appareil des deuxièmes

jets et dès que l'amorce est aspirée, ce qui dure deux à trois minutes, on ferme la soupape de communication, on rétablit le vide dans la cuite de premier jet et les deux appareils reprennent leur régime.

Pour la pratique du procédé, on doit recommander au cuiseur de produire au grenage un peu plus de cristaux que d'habitude pour compenser le prélèvement qui sera fait à la fin de la cuite.

Il faut, autant que possible, et, quoique ce ne soit pas obligatoire, que malgré le prélèvement de l'amorce, la cuite de premier jet rende le même nombre de sacs et ait le même volume quand elle sera coulée dans les cristallisoirs de premier jet.

Ce résultat sera obtenu, si le cuiseur a créé au grenage un nombre de cristaux supplémentaires, et si, après le prélèvement de l'amorce, le volume de cette amorce a été remplacé par un volume égal d'égouts de premier jet, introduits comme d'habitude en continuant la cuite.

Avant de prélever l'amorce, l'épuisement dans la cuite de premier jet doit être poussé aussi loin que possible, avec, comme limite, la certitude de produire du sucre n° 3 ou blanc du type que l'on s'est imposé.

Le serrage de la cuite, avant prélèvement de l'amorce, doit être amené à 10 ou 12 p. 100 d'eau.

Pour la cuite des deuxièmes jets, on introduit d'abord dans l'appareil à cuire une quantité d'hectolitres d'égout pauvre de premier jet chaud, sulfité et filtré, suffisante pour recouvrir le premier serpentin, dans lequel on fait arriver un filet de vapeur, de façon à maintenir cet égout à sa température et pour que l'amorce ne tombe pas dans un milieu refroidi.

On procède ensuite à l'amorçage de la façon indiquée plus haut.

L'amorçage étant fait et les deux appareils ayant repris leur régime, on commence à cuire l'égout introduit avant l'amorçage, en présence de l'amorce ; puis on continue la cuite en alimentant lentement, comme d'habitude, avec les égouts pauvres de premier jet chauds, sulfités et filtrés.

L'épuisement de cet égout en présence de l'amorce, doit être poussé dans la cuite aussi loin que le permet la durée de

l'opération et de façon à ce que la pureté de l'eau-mère chaude ne dépasse pas, au moment du coulage, une pureté maxima de 65 degrés.

Si l'on prévoit, d'après la pureté initiale de l'égout, que ce maximum sera dépassé, introduire, après serrage à 10-12 p. 100 d'eau à la fin de l'opération, un nombre suffisant d'hectolitres de mélasse chaude à 57-85 de pureté, comme clairce et de façon à ce que son mélange avec l'eau-mère donne à celle-ci au plus 65 degrés de pureté à l'arrivée de la masse-cuite dans le cristallisoir.

Le refroidissement se fera sans eau dans le serpentin pendant les douze premières heures, et il est bon de réchauffer le cristallisoir par un filet de vapeur introduit dans ce serpentin avant de le remplir de masse-cuite.

Dans les deux heures suivantes, faire circuler l'eau dans le serpentin, robinet ouvert à moitié; puis enfin, dans les douze dernières heures à plein robinet.

Trente-six heures suffisent pour le refroidissement à 35 à 40 degrés, la température de la masse-cuite au moment du coulage variant entre 85 et 90 degrés.

La masse-cuite de deuxième jet se composera suivant la pureté initiale de l'égout de premier jet des volumes approximatifs ci-après :

Pour 100 hectol. de masse-cuite totale :

18 à 22 hectol.	de masse-cuite d'amorce.
74 à 66 hectol.	de masse-cuite de deuxième jet.
8 à 12 hectol.	de mélasse épuisée.
100 100 hectol.	de masse-cuite mixte.

Exemple :

20 hectol.	d'amorce à 80 de pureté	$80 \times 20 = 16.00$
70 hectol.	de 2[e] jet à 67 de pureté	$67 \times 70 = 46.90$
10 hectol.	de mélasse à 57 de pureté	$57 \times 10 = 5.70$
100 hectol.	nous donnent :	68.60

100 hectolitres masse-cuite composée à 68.60 de pureté, qui coulera au cristallisoir à 67 de pureté environ, dont l'égout chaud aura environ 64 de pureté et au turbinage environ 57.

La masse-cuite refroidie à 40 degrés est aussitôt turbinée.

Les sucres produits par ce turbinage sont roux, titrant 90 à 93, un peu gras.

On peut, soit les rendre directement à la raffinerie, soit les refondre pour les rentrer dans le travail des premets jets.

Dans ce dernier cas, on prend pour les refondre des jus filtrés pris au bac d'attente du triple-effet.

Les sucres ainsi fondus forment un sirop à 28 — 30° Baumé qu'on mélange avec les sirops de premier jet avant leur sulfitation, ou que l'on sulfite à part pour les rentrer à la cuite de premier jet, à leur tour et suivant l'échelle descendante des puretés.

Maguin donne l'exemple d'une cuite moyenne faite par ce procédé.

Masse-cuite d'amorçage............ .	82.55	88°
Eau-mère de cette masse-cuite.......	66.35	88
Egout pauvre 1er jet à cuire..........	66.60	85
Masse-cuite 2e jèt après amorçage.....	71.80	87
— arrivant au cristallisoir.	68.57	90
Egout chaud de cette masse-cuite....	64.65	90
Même égout après 6 heures........	63.05	80
— 12 »	60.95	71
— 18 »	58.90	61
— 24 »	58.10	52
— 30 »	57.34	44
— 36 »	56.84	38
Même égout après turbinage.........	57.25	

Rendement moyen (déduction faite de l'amorce) : 38 kilogrammes par hectolitre de masse-cuite.

Rendement moyen (amorce comprise) : 54 kilogrammes par hectolitre de masse-cuite.

8 *Procédé Dufay.* — Ce procédé a pour objet le traitement des égouts de premier jet sans aucune opération mécanique. On cuit ces égouts comme d'habitude, on les coule dans des vases à grande surface de refroidissement pour favoriser la cristallisation rapide de la masse, on débarrasse ensuite les cristaux de leur eau-mère par égouttage naturel et, enfin, on refond les cristaux dans les vases mêmes et l'on réintègre le produit de cette refonte dans la circulation du jus.

On obtient, comme produits définitifs, du sucre blanc et de la mélasse épuisée.

Le principe du procédé est celui de la cristallisation des sels par voie de refroidissement : si l'on verse une eau-mère saturée à chaud dans un vase profond, les premiers cristaux qui se formeront dans la masse tomberont au fond du vase, les suivants viendront les recouvrir et ainsi de suite, les cristaux se superposant les uns aux autres, jusqu'à ce que la masse arrive à un état d'équilibre tel que, dans aucune de ses parties, l'eau-mère ne puisse plus nourrir les cristaux qu'elle baigne.

A ce moment, si l'on examine l'état de la masse cristallisée, on reconnaîtra que l'eau-mère occupant la partie inférieure du vase sera la plus épuisée, ayant eu à nourrir le plus grand nombre de cristaux; tandis que, au fur et à mesure qu'on remontera, l'épuisement de l'eau-mère sera de moins en moins grand, le nombre des cristaux à nourrir ayant été de moins en moins élevé jusqu'à ce qu'on arrive à l'eau-mère surnageante, qui présentera le minimum d'épuisement.

Si, dans ces conditions, on ouvre le vase à la partie inférieure, pour permettre l'écoulement de l'eau-mère en retenant les cristaux sur un tissu filtrant approprié, cette eau-mère traversera une couche de cristaux d'autant plus épaisse qu'elle sera située plus près de la partie supérieure du vase, et, par conséquent, qu'elle sera plus riche. Elle aura donc à nourrir, en s'appauvrissant, un nombre d'autant plus grand de cristaux. De telle sorte qu'on peut estimer que l'eau-mère provenant de toutes les couches de la masse cristallisée sera arrivée au même degré d'épuisement au moment où elle s'écoulera hors du vase.

Or, une masse sucrée, cuite au filet, peut être assimilée à une eau-mère saturée de sucre à chaud. Ce qu'on vient de dire lui est donc applicable.

Le problème à résoudre consiste donc à déterminer quelle épaisseur de cristaux de sucre devra traverser l'eau-mère surnageante pour arriver au bas du vase à l'état d'eau-mère épuisée ou mélasse.

Ce résultat est obtenu dans un vase à section trapézoïdale de 1 m. 50 de hauteur, 0 m. 45 de largeur au sommet et 0 m. 12 à la base et d'une longueur indéterminée. Il va de soi

que ces dimensions, qui ont paru favorables, ne sont pas de rigueur; que des vases ayant d'autres sections pourraient être adoptés sans doute et peut-être avec avantage.

Ceci posé, le vase à cristallisation rapide adopté a un faux fond filtrant en tissu métallique approprié. Le fond est muni d'ouvertures longitudinales étroites, fermées par des obturateurs. A chacune des extrémités du canal, formé par le faux fond et le fond, est adapté un robinet qui communique avec un ensemble de tuyaux destinés à l'arrivée du liquide dissolvant des cristaux et à l'enlèvement de la masse dissoute. Un trop-plein existe à la partie supérieure du vase.

La mélasse étant évacuée par les orifices inférieurs, dont les obturateurs sont enlevés, lesdits orifices sont rebouchés. On fait alors arriver par l'un des robinets du jus prélevé dans le réservoir qui alimente l'appareil à évaporer. Ce jus traverse toute la masse cristallisée et purgée, de bas en haut, soit par le trop-plein, est recueilli dans une conduite qui le déverse dans un réservoir où une pompe, mue automatiquement, le renvoie d'où il vient, c'est-à-dire dans la circulation des jus avant l'évaporation. La refonte terminée, le vase est vidé par l'ouverture du robinet placé à l'autre extrémité inférieure.

Les vases à cristallisation rapide sont réunis en batterie de six vases. Dans chaque batterie s'opère toute l évolution du travail en une période de six jours.

Le premier jour, on remplit de masse cuite le vase n° 1 de chaque batterie; le deuxième jour, ou remplit de masse cuite le vase n° 2 de chaque batterie; le troisième jour, on remplit de masse cuite le vase n° 3 de chaque batterie et on met à la purge le vase n° 1; le quatrième jour, on remplit le n° 4 et on purge le n° 2; le cinquième jour, on remplit le n° 5 et on purge le n° 3; le sixième jour, on remplit le n° 6 et on purge le n° 4, puis on refond le n° 1 et on le remplit et ainsi de suite.

Voici la moyenne des analyses des produits traités pendant la campagne par Dufay :

	Composition moyenne de la masse cuite de 2ᵉ jet coulée dans les vases	Mélasse provenant de l'égouttage	Masse refondue dans les vases
Sucre	65 50	49.50	74.20
Cendres	7.34	11.05	5.50
Eau	11.42	16.00	11.00
Coefficient salin	8.96	4.51	13 10
Quotient de pureté	73.94	58.92	83.37

De ces chiffres, on peut tirer les conclusions suivantes d'après Dufay :

1° Que l'égouttage ayant un coefficient salin de 4,51 est une mélasse bien épuisée;

2° Qu'en réintégrant dans les sirops verts, à quotient de pureté moyenne de 90, une refonte à 84 de pureté, dans la proportion de 2/3 des premiers contre 1/3, on doit obtenir une masse cuite ayant un quotient de pureté de $\frac{90+90+84}{3} = 88$ et, par conséquent; remplissant les conditions requises pour obtenir un rendement élevé et du sucre blanc et beau;

3° Qu'il n'y a aucun motif d'être amené, par ce travail, à faire des liquidations périodiques, ces liquidations se faisant d'une manière ininterrompue par le fait de l'égouttage, dont le produit est la mélasse;

4° Enfin, que le troisième jour, après la mise en fonctionnement, on obtient de la mélasse épuisée, et que cinq jours après la dernière cuite, on a obtenu tout le sucre et toute la mélasse.

Procédé Brunehant. — Voici comment l'auteur décrit son procédé dans une communication faite au Syndicat des fabricants de sucre.

« Dans le procédé employé dans mon usine, la cuite est conduite comme d'habitude, soit avec du sirop pur, soit après enrichissement au moyen des sucres de 2e jet dont il sera question plus loin, sucres qui ont été refondus dans les jus allant à l'appareil d'évaporation. Lorsque la cuite est remplie de masse cuite jusqu'aux 3/5 de son volume, on diminue progressivement l'introduction de sirop pur et on complète l'alimentation au moyen d'égout riche non dilué, mais ramené à la température de la cuite. Lorsque tous les égouts riches (60 hectolitres environ) provenant de la cuite précédente sont rentrés, l'appareil se trouve à peu près plein; on y introduit alors rapidement 20 hectolitres d'égout pauvre ramené à la température de la cuite, on laisse la masse se mélanger intimement, puis on coule dans les malaxeurs.

En général, il y a dans ceux-ci un vide de 20 hectolitres qui est immédiatement comblé par un apport d'égouts pauvres, chauffés au préalable à 80 degrés.

Le malaxage dure vingt-quatre heures, et pendant ce temps la richesse de l'eau-mère diminue d'une manière fort sensible ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte par les analyses.

Les égouts de turbinage sont séparés; tout l'égout riche rentre à la cuite, avec une partie de l'égout pauvre, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut; le surplus de l'égout pauvre est recuit au filet et envoyé aux emplis.

Cet empli, d'une contenance totale de 2.500 hectolitres, est organisé de la façon suivante : chaque bac a été, suivant ses dimensions, muni d'un ou de deux arbres verticaux armés de longues palettes qui viennent presque en contact avec les parois du bac; l'arbre, par le bas, est engagé dans une crapaudine, et, par le haut, il est guidé par une bague; à sa partie supérieure, il porte une roue dentée, conique, actionnée par un pignon. Le tout est mis en mouvement par une transmission qui règne tout le long des bacs, et qui communique aux agitateurs verticaux un mouvement lent d'un tour par minute.

Sous l'influence de ce mouvement, la cristallisation de la masse se fait assez rapidement et les cristaux demeurent en suspens, donnant ainsi une masse cristallisée à peu près homogène et fluide.

Au bout de quinze jours de cristallisation, la composition de l'eau-mère ne change plus d'une manière appréciable; on ouvre alors une trappe ménagée au bas du bac et on fait écouler la masse grenue dans une hélice qui la fait monter dans un distributeur placé au-dessus de deux turbines affectées à ce service. Le sucre, peu turbiné, pour éviter d'enrichir l'eau-mère, est immédiatement refondu. La mélasse est envoyée à la distillerie et sa composition est telle que jamais ici nous ne l'avons vue meilleure.

Cette installation, peu coûteuse et utilisant le matériel existant, peut donc prendre place parmi les procédés ayant pour but de faire, en fabrication, une très forte partie des derniers jets, tout en ne donnant comme produits que du sucre blanc et de la mélasse.

Elle fonctionne régulièrement et suit facilement le travail de l'usine, qui n'a plus d'autres emplis. Nous pouvons ajouter qu'une installation semblable a fonctionné toute la campagne en donnant des résultats fort satisfaisants.

Rentrée d'égouts. — Nous ne sommes pas partisan de la rentrée des égouts à un autre poste que la cuite. L'action de la chaux sur les arrière-produits de la fabrication est à peu près nulle et l'introduction dans le travail de matières impures ou salines ne fait que gêner la cristallisation du sucre provenant du sirop. Il nous semble, au contraire, absolument rationnel d'introduire les égouts dans la cuite, alors que par une cristallisation abondante, l'eau-mère a acquis une composition qui se rapproche sensiblement de celle de l'égout que l'on introduit. Les vues de Steffen nous semblent, à cet égard, absolument conformes à l'observation des faits de la pratique. On arrive peut-être au même résultat par d'autres moyens, mais ils nous semblent moins simples.

Sur ce point, notre opinion est formelle : on ne doit introduire dans la cuite que des sirops aussi purs que possible, et les sirops impurs ne doivent venir qu'au moment où la pureté de l'eau-mère est descendue presque à leur niveau.

Cristallisation du 1er jet. — Nous attribuons également un rôle important aux cristallisoirs dans l'obtention du maximum de sucre en 1er jet. Nos analyses fréquentes nous ont toujours montré un appauvrissement notable des eaux-mères pendant la cristallisation, et nous pensons que, sans le concours de ces appareils, l'obtention de la totalité du sucre en deux jets serait impossible.

Cristallisation du 2e jet. — Dans l'état actuel des procédés d'épuration, nous pensons qu'à moins de faire un sacrifice important pour l'expédition de mélasses incomplètement épuisées, il n'est pas facile d'obtenir la totalité du sucre en 1er jet, mais il est facile d'obtenir un égout qui donnera en second jet la totalité du sucre extractible par simple cristallisation. Cet égout devra, pour cela, être à une pureté voisine de 67 à 68 au maximum. La refonte du sucre en 2e jet pouvant se faire sans frais donnera en 1er jet 97 à 98 p. 100 du sucre extrait, et il ne restera, en fin de fabrication, que quelques centaines de sacs de sucre roux provenant de la liquidation finale. Ce résultat est maintenant obtenu de plusieurs manières ; il nous semble que celle indiquée par nous se trouve parmi les moins coûteuses comme installation, tout en donnant d'aussi bons résultats que les autres. »

10. *Procédé Wulff-Bock.* — Si l'on considère le phénomène de la cristallisation dans les bacs des purgeries, on voit que peu de temps après la coulée de la cuite, la couche supérieure de sirop forme du grain par suite du refroidissement. Ce grain naissant et fin descend dans les couches inférieures de sirop, et peu à peu, vient jusqu'au fond. Pendant sa chute, il rencontre successivement toutes les couches de sirop, il se nutrifie et devient de plus en plus gros. Lorsqu'il arrive au fond, sa grosseur ne subit plus aucune modification.

Le sirop s'appauvrit ainsi de plus en plus. Sa pureté qui était au début de 77, s'abaisse à 65. Cette limite de la pureté n'est pas encore suffisante pour empêcher toute cristallisation, mais la viscosité est l'obstacle qu'il faut vaincre pour que le phénomène de la cristallisation continue. Mais la viscosité n'est pas seule à empêcher la cristallisation et l'influence mélassigène des sels se fait aussi sentir.

Chaque cristal de sucre qui reste au repos est entouré d'une zone de sirop complètement incapable de cristalliser de nouveau. Mais si l'on renouvelle cette zone, l'attraction du cristal de sucre pour les molécules sucrées continuera.

Wulff-Bock réalisent ces conditions en coulant la masse cuite dans des bacs verticaux, cylindriques, qui peuvent tourner autourde leur axe ou être munis d'un agitateur. La rotation du bac ou son agitation renouvelle les contacts des cristaux déposés au fond.

11. *Procédé P. Degener et W. Greiner.* — Ce procédé procède du procédé Wulff-Bock. Il consiste à couler la masse cuite dans des bacs fermés et complètement pleins qu'on retourne de temps en temps de 180°. La forme de ces bacs est telle que le chemin parcouru par les cristaux de sucre est le même pour une même hauteur.

Ces bacs sont protégés contre le refroidissement par un enduit isolant. Il est en effet nécessaire que les parois conservent leur température afin que la viscosité n'augmente pas.

12. *Procédé Berggreen.* — Ce procédé est appliqué à Roitzsch dans l'usine de l'inventeur. Voici comment il fonctionne.

Les égouts sont cuits à 7-6.5 p. 100 d'eau, puis coulés dans des malaxeurs. La crislallisation débute à 94°C., température à laquelle on a réchauffé la masse cuite avant le coulage pour la rendre plus fluide. La cristallisation commence déjà au bout d'une heure et afin que les cristaux se séparent complètement et sans formation de grain fin, les malaxeurs sont munis d'un système de chauffage et de réfrigération pour provoquer des variations de température

Pendant le refroidissement il se produit constamment une séparation des particules de sucre sous la forme solide, qui se déposent sur les cristaux existants, ce qui produit leur nutrition et l'augmentation de leur poids. Mais le grain fin qui a pu se former est redissous par l'élévation ultérieure de la température On obtient ainsi en 36 à 48 heures l'épuisement de l'eau-mère des cristaux à la température de 94°. Il ne reste plus ensuite qu'à laisser refroidir la masse à la température ordinaire du turbinage.

Berggreen complète son procédé en faisant agir la chaux sur l'égout à la température de la cristallisation, il a constaté qu'après l'action de la chaux, le rendement de la cuite était plus élevé. Cette action bienfaisante mérite évidemment confirmation. Néanmoins, pendant le turbinage de ces égouts ainsi traités, on remarquait un fort dégagement d'ammoniaque ; à Roitzsch les masses cuites de 1er jet donnaient 83 p. 100 kil. de sucre. L'égout de ces cuites traité par le procédé Berggren donnait 39 p. 100 kil. de sucre de 2e jet. L'égout cristallisé en bac donna 1.5 p. 100 de mélasse à 57 — 58 de pureté.

13. *Procédé Claassen.* — Claassen produit le mouvement nécessaire à la bonne cristallisation en disposant dans le fond de l'appareil à cuire un tube en couronne perforé dans lequel circule de la vapeur surchauffée à haute pression.

Nous ne savons pas si l'application de ce procédé, qui date de 1895, se fait encore, mais nous en doutons fort, car le silence de l'inventeur n'a pas tardé à se faire.

14. *Procédé Maranc.* — Cet auteur emploie pour sa méthode de cuite deux appareils à cuire droits reliés ensemble. Tan-

dis que dans l'un on fait la cuite, l'autre sert de réfrigérant. Pour cela le fond est muni d'une sorte de turbine qui est mue d'un mouvement vif. Une partie de la cuite achevée est aspirée dans le second appareil, et lorsque le malaxage est achevé de même que le refroidissement on renvoie dans le premier appareil par aspiration.

Ce procédé est analogue à celui de Berggreen, la différence réside dans les appareils.

15. *Procédé Freitag.* — Dans ce procédé, on emploie pour la cuite un appareil cylindrique avec fond conique. Le système de chauffage est tubulaire et suspendu; il se compose de tubes de 800 millim. et d'un diamètre de 8) à 100 millim. Au centre du système se trouve un tuyau plus large traversé par une hélice qui provoque dans la masse cuite un mouvement de haut en bas. A la périphérie du système tubulaire sont des chambres de circulation. Le fond de la chaudière est double et à chemise de vapeur. L'arbre de l'hélice est muni de bras formant raclettes qui relèvent la masse cuite et la forcent à remonter. L'admission de la vapeur se fait en deux endroits.

La surface de chauffe est considérable jusqu'à 140 mètres carrés et la température de cuite est assez élevée.

Voici comment la cuite se pratique. Au début, on charge peu l'appareil, de manière à couvrir le système tubulaire qui est très bas et presque au-dessus du double fond. On cuit au filet fort, puis on fait quelques aspirations avec du sirop de bonne qualité et on forme le grain. Pendant toute la durée de la cuite, c'est-à-dire onze à seize heures, la masse est maintenue assez serrée. Lorsque l'appareil est plein, on serre à 6 à 8 p. 100 d'eau et on fait couler dans un malaxeur fermé, muni de bras elliptiques ou en spirale. Dans les malaxeurs commence le refroidissement qui dure cent à cent cinquante heures. On agite toutes les deux heures pendant deux à cinq minutes, afin de remettre les cristaux en suspension.

Au bout de ce temps, la température est telle que la cristallisation s'arrête. On fait un essai de la masse à la turbine de laboratoire et si l'égout a la composition adoptée, on turbine la masse cuite.

Dans le procédé Freitag, l'appareil à cuire doit avoir une contenance égale à la moitié de l'égout produit par jour.

Une sucrerie autrichienne (Hawran), montée avec le procédé Freitag, travaille de la manière suivante : Betteraves mises en œuvre 400 tonnes par jour. L'égout est cuit dans une cuite Freitag de 350 quintaux. Il y a 6 malaxeurs contenant chacun une cuite et qui restent chargés pendant 5, 6 ou 8 jours, selon la pureté. La masse cuite avait une pureté variant de 68 à 73 et donnant pour 100 kilos un rendement de 62 kil. de sucre en moyenne après 7 jours de malaxage. La pureté de la mélasse fut de 59 à 60. Le sucre est en général refondu, sulfité, rentré dans le travail et cuit en blanc. Une usine travaillant 500 tonnes par jour avec le procédé Freitag devrait avoir comme matériel :

Une cuite de 200 quintaux avec 65 mètres carrés de surface de chauffe comprenant 240 tubes de laiton de 96 millimètres de diamètre. L'appareil a un diamètre de 2 m. 80 et une hauteur de calandre de 4 m. 325. Il coûte 16.000 francs avec la prime de brevet.

En plus 5 malaxeurs fermés de 200 quintaux. Longueur 6 m. 40, diamètre, 1 m. 90, coûtant chacun 5.200 fr.

La prime de brevet est de 2 fr.50 par tonne de betterave pour la campagne d'installation, ce qui peut sembler un peu exagéré.

16. *Procédé Sachs.* — On emploie dans ce procédé un appareil ordinaire à cuire sans agitateur. On cuit en grain et la masse cuite est envoyée soit dans des bacs ordinaires munis d'un agitateur qui fonctionne périodiquement, soit dans un malaxeur Sachs. Une partie seulement est malaxée, l'autre reste dans l'appareil à cuire comme pied de cuite pour la cuite suivante.

Voici le détail des opérations :

a. L'égout de la cuite de premier jet est cuit dans un appareil à cuire, en faisant des charges répétées du même égout jusqu'à ce qu'un échantillon étalé sur une plaque de verre indique une cristallisation complète du sucre. Lorsque la masse renferme une certaine quantité de cristaux de moyenne grosseur on coule une partie environ de la masse cuite dans un malaxeur, jusqu'à la hauteur du dernier serpentin de la cuite. Ce malaxeur est simple et ne comporte pas de double enve-

loppe. On n'ajoute pas de sucre pour favoriser la cristallisation.

La partie vide de l'appareil à cuire est remplie de nouveau avec un nouvel égoût qu'on cuit dans les mêmes conditions.

b. Il peut arriver qu'au début du travail, les cristaux ne soient pas assez développés. Dans ce cas, on ne fait passer dans le malaxeur que la moitié et on continue la cuite avec de nouvel égout. On obtient alors immédiatement la cristallisation désirée et l'on continue le travail comme en *a*.

c. Cette cuite en grain par pieds de cuite est continuée pendant 2 à 5 jours, jusqu'à ce qu'il se forme une nouvelle cristallisation en grains fins. Lorsque celle-ci est apparue, tout le contenu est vidé dans un malaxeur et l'on recommence la cuite comme en *a* et *b*.

d. Afin d'obtenir le développement rapide des cristaux dans l'appareil, il est important de maintenir l'égout qu'on doit cuire plus tard à une température plus élevée que celle de la cuite.

e. La masse coulée dans les malaxeurs est laissée dans ceux-ci trois à six jours après la coulée. La durée de la cristallisation dépend du nombre de malaxeurs qui existent dans l'usine. La température qui doit régner dans le local des malaxeurs doit être au moins de 30°. Une température supérieure n'agit pas sur la cristallisation. La masse obtenue après le malaxage est turbinée par les procédés ordinaires.

Le procédé Sachs est appliqué en Russie à Weliko-Priztky où il a donné directement du sucre et de la mélasse à 52 de pureté après un malaxage de 4 à 6 jours. Le sucre polarisait 92 et sa pureté était de 94.

17. *Procéde Grosse*. — La cuite Grossé se compose d'un appareil à cuire représenté ci-après. Cet appareil comprend un corps de chaudière cylindrique de 4 m. 80 de hauteur terminé à la partie inférieure par une partie conique de 1 mètre. Le diamètre est de 2 m. 80 et la contenance utile de 230 à 250 hectolitres. On laisse au-dessus de la masse un vide de 1 m. 20 pour supprimer les entraînements. A l'intérieur de l'appareil règne un arbre sur lequel sont calées sept spires d'hélices qui se meuvent dans un tube de 0 m. 60 de diamètre et qui ont

pour but de remonter constamment la masse. Cet arbre fait 15 tours par minute.

Trois serpentins commandés séparément ont une surface de chauffe totale de 25 mètres carrés.

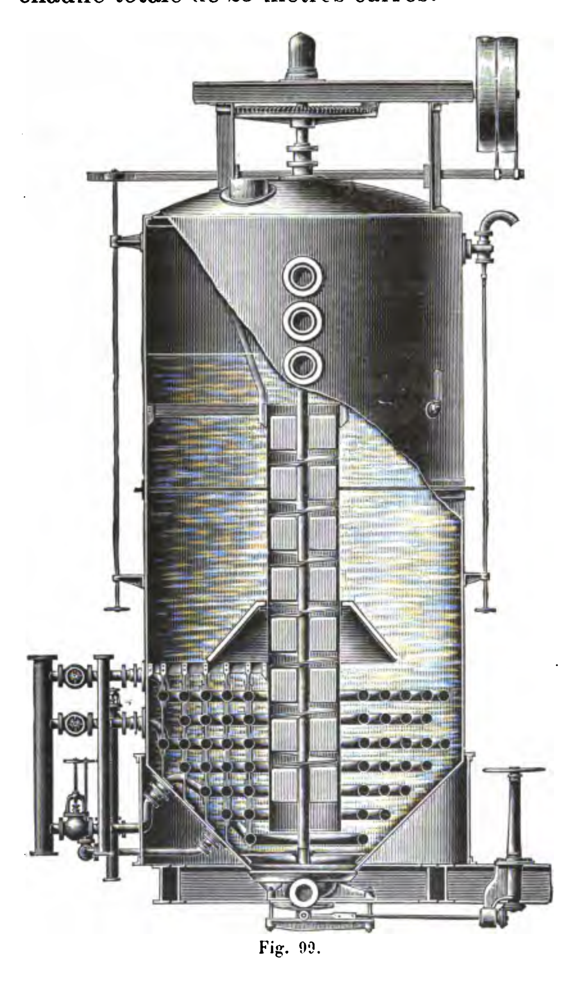


Fig. 99.

En outre, deux thermomètres donnent l'un, la température de la masse inférieure et l'autre la température de la couche supérieure.

On commence le travail dans la cuite Grosse de la façon suivante. On aspire les égouts de manière à remplir le tiers de l'appareil, on grène facilement sans aucun pied de cuite ni amorçage quelconque, et on nourrit le cristal par aspiration lente. Cette partie du travail constitue la période d'emplissage ou de cuisson. Lorsqu'elle est terminée on supprime l'arrivée des égouts et on commence la période d'épuisement en chauffant avec des vapeurs de retour ayant de 0 k. 2 à 0 k. 4 de pression. C'est pendant cette partie du travail que tout l'art du cuiseur

consiste à maintenir constamment l'eau mère dans un état de saturation qu'on entretient par l'évaporation de la quantité d'eau libérée par rentrée d'égouts, c'est-à-dire faite d'après les procédés autrefois en usage, et le dépôt du sucre sur les cristaux formés. Pour cela on fait descendre la température très lentement et afin que l'échange des contacts des cristaux avec l'eau-mère soit facilité, on imprime à la masse en cuisson un mouvement ascensionnel.

La période d'emplissage dure vingt-quatre heures, tandis que la période d'épuisement dure trente à trente-cinq heures, soit au total soixante heures au maximum. A la fin, la température atteint 55°.

A ce moment, on aspire une partie de la mélasse d'une cuite précédente, afin que la masse cuite ait une teneur de 8 à 10 0/0 d'humidité, et que le turbinage soit facile.

Pendant la période d'épuisement, la différence des indications données par les deux thermomètres doit être le plus grande possible.

Lorsque les mélasses ont été rentrées, on turbine et on produit du sucre à 85 et 86°, roux, et de la mélasse dont nous donnons plus loin la composition. Ce sucre est immédiatement refondu dans du jus de 2e carbonatation.

Le jus de 2e comprenant la refonte est mélangé avec les sirops sortant du quadruple effet et le mélange est sulfité à 0,30-0,40 d'alcalinité, puis filtré. Ce sirop pèse 25-26° Bé.

Quand on opère la séparation des égouts riches, ceux-ci sont ajoutés au sirop. On a remarqué que l'épuisement des égouts à 81 même 82 de pureté était le même qu'avec des sirops n'ayant que 75 à 77 de pureté comme ceux que l'on cuit dans les Grosse quand on pratique la séparation.

La masse cuite Grosse représenté 5 litres à 5 litres 3 par 100 kilos de betteraves.

Nous terminons par quelques résultats d'analyses pris sur le livre du laboratoire de la sucrerie de Venizel.

Masse cuite de 1er jet faite avec la rentrée des sucres de 2e jet.

Densité...........	1,5	1,5	1,5
Sucre..	88,03	85,71	85,71
Cendres...........	1,80	2,07	1,98
Eau réelle.........	8	8 •	8,50
Alcalinité.........	0,01	0,03	»
Pureté............	95,6	93,1	93,6
Coefficient salin...	48,9	41,4	43,3

Egouts avant cuite Grossé.

Sucre................	57,73	59,34
Cendres.............	4,59	4,62
Coefficient salin.. ...	12,57	12,84
Pureté réelle........	77,7	81,8

Masse cuite Grosse.

Numéro de la cuite...		10	11	12	13	26
Pureté après cuisson..		64,9	65,1	68,9	65,8	63,7
— 1re épreuve....	épuisement des eaux mères.	60,4	62,7	62,4	63,4	62,8
— 2e —		59.8	61,6	62,4	61,1	61
— 3e —		59,8	59,6	60,4	61,1	59,3
— 4e — ...		—	—	60,7	60,6	60,5
— 5e —		—	—	59,8	58,2	59,2

Sucre Grosse.

Sucre.	93,30
Cendres............	1,18
Titrage net.........	80°,68

Mélasse.

Sucre Clerget........	50,38	48,13	52,40
Cendres.............	10.39	9,45	10,30
Pureté apparente.....	56,92	—	—
Coefficient salin......	4,84	5,10	5,08

Hafner a rassemblé dans le tableau suivant les résultats que donnent quelques-uns des procédés que nous venons de passer en revue et il ramène le rendement à 100 parties du sucre contenu dans la betterave.

	Purgeries	Bæcker	Zscheye	Lœblich	Stenzel	Grosse	Freitag
	—	—	—	—	—	—	—
1er jet....	76.40	86.80	86.08	83.40	79.10	79.00	85.92
2e jet....	5.10	3.69	6.43	5.20	5.70	8.90	1.74
3e jet....	2.00	—	—	—	2.40	—	—
4e jet....	2.80	—	—	—	—	—	—
Total.	86.30	90.49	92.51	88.60	87.20	87.90	87.66
Dans la mélasse...	7.30	5.00	7.49	6.30	5.10	5.91	6.91
Pertes .	6.40	4.51		5.10	7.70	6.19	5.43
	100.00	100.00	180.00	100.00	100.00	100.00	100.00

4. Le sucre

Le sucre à la sortie des turbines est soit monté au magasin par un monte-sac, soit élevé au moyen d'un élévateur à sucre, à godets.

Dans ce dernier cas, et lorsqu'il s'agit de sucre blanc, celui-ci arrive dans un tamiseur rotatif qui est destiné à séparer les morceaux agglomérés ou grugeoirs. Le sucre traverse le tamis et tombe dans la trémie d'un ensacheur mécanique et automatique, système Coche, dont l'extension est très grande.

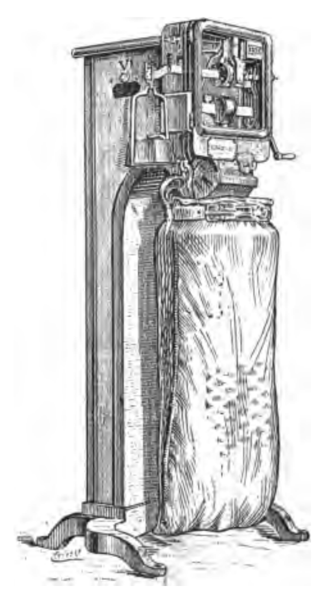


Fig. 100.

Le sucre passe au travers du peseur pour arriver dans le sac accroché à l'ensachoir par une courroie à fixation rapide, sans aide et sans surveillance, le sac s'emplit à gros jet jusqu'à un poids voisin de 100 kilogrammes, soit par exemple 95 à 98 kilogrammes. Ce poids étant atteint, une première vanne se ferme d'elle-même pour arrêter le gros jet, mais en conservant le passage à un jet restreint qui va sans secousse compléter les 100 kilogrammes du sac.

A l'instant où les 100 kilos sont atteints, une 2e vanne tombe et arrête instantanément l'arrivée du sucre.

Lorsqu'il s'agit de sucre roux le déversement s'opère sur le plancher même du grenier et d'une certaine hauteur pour que le mélange se fasse bien. Il est cependant nécessaire, pour obtenir une homogénéité complète de faire un second mélange à la pelle avant l'ensachage.

Lorsque le sac est réglé à 100 kilos, il est ficelé, puis plombé par les soins de la régie.

Analyse du sucre

Les analyses commerciales de sucre se bornent à doser le sucre, l'eau, les cendres et l'incristallisable.

Sucre. — Le poids normal est dissous dans un ballon de 100 centimètres cubes, on y ajoute quelques gouttes de tannin, puis du sous-acétate de plomb, on filtre et on examine au saccharimètre. On a ainsi directement le sucre.

Incristallisable. — On fait bouillir la liqueur claire ci-dessus avec un 1 ou 2 centimètres cubes de liqueur de Fehling presqu'à décoloration et on ramène par le calcul à 100 de sucre.

Eau. — Sur 5 grammes à l'étuve jusqu'à poids constant. La dessiccation se fait à 105°.

Cendres. — Sur l'échantillon qui a servi à doser l'eau. On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique et on incinère dans un moufle. Du résultat trouvé on retranche 1/10.

Rendement. — En France le rendement s'obtient en retranchant du sucre trouvé 4 fois le poids des cendres et 2 fois celui de l'incristallisable. Du chiffre trouvé, sans tenir compte des fractions, on retranche encore 1 1/2 p. 100 et on obtient le rendement net.

Soit par exemple un sucre roux :

Sucre	94,40
Incristallisable	0,15
Eau	1,95
Cendres	1,55
Matières organiques	1,95
	100,00

$$\text{Rendement brut} = 94,40 - (1,55 \times 4 + 0,15 \times 2) = 87,90$$

$$— \quad \text{net} = 87 - \frac{87 \times 1,5}{100} = 85^{\circ},7.$$

Analyse officielle. — On pèse 16 gr. 19 $\times$ 5 = 80 gr. 95 de sucre qu'on fait dissoudre dans 160 centimètres cubes d'eau distillée, on décante après repos sur un filtre et on jauge à 250 centimètres cubes. Sur 50 centimètres cubes on dose le sucre après avoir déféqué et complété à 100 centimètres cubes. L'inversion se fait sur 50 centimètres cubes en ajoutant 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et en chauffant pendant une demi-heure à 68° au bain-marie. On complète à 55 centimètres cubes et on polarise. On se sert pour le calcul des tables indiquées à l'analyse de la mélasse. Les cendres se font sur 10 centimètres cubes (= 3 gr, 238 de matière) ou sur 15 cm^3 44 (= 5 gr. matière).

CHAPITRE VI

TRAITEMENT DES BAS PRODUITS

Il existe un grand nombre de procédés d'utilisation des bas produits. Dans l'ancien procédé que nous n'avons décrit que sommairement on se borne à recuire les égouts et à les turbiner lorsque le sirop qui les surnage ne présente plus de cristaux de sucre en suspension. Ce procédé s'applique aussi aux sirops qui proviennent des procédés de malaxage ou de cristallisation en mouvement. La quantité de sucre qu'on obtient ainsi est très variable et est fonction du rendement en premier jet. En général les bas produits sont turbinés en roux de façon à obtenir comme égout simplement de la mélasse.

Dans ce chapitre nous ne traiterons que des procédés dans lesquels on fait subir aux égouts un traitement chimique. Nous avons décrit dans le chapitre précédent les procédés qui ont pour but de réintroduire à la cuite les égouts.

I. — Rentrée des égouts épurés dans le travail.

Plusieurs procédés ont pour but de rentrer les égoûts en tête du travail, après leur avoir fait subir une épuration. Nous les étudierons succinctement.

Procédé Lœblich. — Ce procédé consiste à prélever une quantité donnée d'égoût chauffé à 95-100° et dont la pureté ne doit pas être inférieure à 76 et à le mélanger avec le jus réchauffé ou incomplètement déféqué ou filtré et à procéder à la défécation sèche ou à la carbonatation. La défécation se fait avec 3 1/4 à 3 1/2 p. 100 de chaux nouvellement calcinée.

Procédé Zscheye. — Ce procédé n'est pas breveté. On traite le jus de diffusion réchauffée à 75-80° par 2,5 à 3 p. 100 de chaux et 1,56 p. 100 d'égoût (ramené à la betterave) dilué à 70° Brix et neutralisé. Après mélange on sature et on laisse à la première carbonatation 1 gramme à 1 gr. 2 d'alcalinité par

litre, puis on ajoute 0.04 p. 100 (de la betterave) de chlorure de baryum. Pour la seconde carbonatation, on emploie 0,5 p. 100 de chaux et on sature à 0 gr. 7-0 gr. 8 CaO par litre. Le jus est enfin ramené à 0 gr. 5 par l'acide sulfureux.

Procédé Stenzel. — Il consiste à étendre l'égoût qui a une pureté de 80°, avec une quantité de jus d'environ 45 p. 100. Le mélange doit avoir 50° Brix, puis on y ajoute 3 p. 100 du poids de l'égout, de chaux sous forme de lait et on chauffe pendant 10 à 20 minutes. On sature à 1 gramme, on passe aux filtres presses et on achève la saturation par l'acide sulfureux à 0 gr. 5. On filtre sur un filtre de construction spéciale, formé de batons de bois. L'égout ainsi épuré est ajouté par parties égales au sirop de la fabrication qui sert à faire alternativement une cuite avec le sirop pur et une autre avec le sirop épuré de la façon ci-dessus. L'égout de la cuite de sirop mélangé est envoyé dans les bas produits tandis que l'égout de la cuite pure sert à faire la cuite mélangée.

Procédé Francez. — Les égouts de turbinage étant séparés en égouts riche et pauvre, le premier est reçu dans un bac et additionné de phosphate de baryte dont la quantité doit être suffisante pour réduire de moitié l'alcalinité de l'égout. On chauffe ensuite à l'ébullition. L'acide phosphorique précipite les matières gommeuses ; on étend à 28° Bé et on filtre. L'égout ainsi traité est ajouté peu à peu à la masse cuite en formation aux 2/3 et sert exclusivement à l'achever. Le sucre obtenu est blanc et le rendement de la masse cuite est de 70 kilogrammes à l'hectolitre. L'égout pauvre est traité comme l'égout riche. On commence une cuite avec du sirop pur et lorsque le grain est formé, on continue les charges avec cet égout ainsi épuré et étendu. Le sucre obtenu est blanc et le rendement est de 55 kilogrammes à l'hectolitre.

2. — La mélasse.

La mélasse est le produit ultime de la fabrication du sucre, c'est le produit qui ne peut plus cristalliser par les procédés ordinaires de cuite sans avoir été soumis à un procédé de dessucrage qui sépare le sucre par voie insoluble.

La mélasse renferme presque toutes les impuretés du jus de betterave, à l'exception de celles qui ont été retirées dans les écumes, en combinaison avec la chaux.

Elle se compose de sucre dont la moyenne est de 44-45 p. 100 pour les mélasses françaises, d'eau 20 p. 100 et de matières étrangères : sels, 10-11 p. 100 et substances organiques, 25 p. 100.

La quantité de mélasse obtenue de 100 parties de betteraves varie selon la nature du sucre qu'on fabrique. Lorsqu'on turbine en roux à bas tirage, il n'est pas rare de ne faire que 2 p. 100 de mélasse et quelquefois moins, tandis que le travail en blanc donne en moyenne 3 à 3,50 de mélasse.

La mélasse qui, autrefois, n'était utilisée qu'en distillerie, a maintenant un grand débouché dans la nourriture des animaux. En Allemagne, ce mode d'emploi est très suivi, tandis qu'en France, des prescriptions administratives étroites et des entraves font que la mélasse est encore peu appréciée.

Lorsque les mélasses sont expédiées à destination de la distillerie, en France, leur teneur minima en sucre doit être de 44 p. 100 de sucre. Cette teneur est déterminée par la polarisation directe. Mais comme la mélasse a souvent une polarisation supérieure, il est nécessaire d'y ajouter de l'eau. Le mélange se fait habituellement dans un bac.

Soit H la hauteur de la mélasse en mètres dans ce bac.

h, la hauteur de l'eau à ajouter, en mètres.

P, la polarisation de la mélasse.

D, la densité de la mélasse.

x, la quantité d'eau à ajouter à la mélasse à P p. 100 de sucre pour obtenir 100 kilos de mélasse à P′ p. 100 de sucre, c'est-à-dire à 44 p. 100.

y, la quantité à ajouter à 100 kilos de mélasse à P p. 100 de sucre pour faire $100 + y$ de mélasse à $P' = 44$ p. 100 de sucre.

D′ la densité après mélange.

On a les formules :

$$D' = \frac{DH + h}{H + h}$$

$$x = \frac{100\,(P - 44)}{P} = \frac{100\,(P - P')}{P}$$

$$y = \frac{100 - P\,(44)}{44} = \frac{100\,(P - P')}{P'}$$

$$h = \frac{H\,D\,y}{100} = \frac{H\,D\,(P - 44)}{44} = \frac{H\,D\,(P - P')}{P'}$$

$$P = \frac{44\,(D\,H + h)}{D\,H} = \frac{P'\,(D\,H + h)}{D\,H}$$

$$D = \frac{44\,h}{H\,(P - 44)} = \frac{P'\,h}{H\,(P - P')}$$

$$H = \frac{P'\,h}{D\,(P - P')} = \frac{44\,h}{D\,(P' - 44)}$$

$$P' = \frac{P\,(100 - x)}{100} = \frac{100\,P}{100 + y} = \frac{D\,H\,P}{D\,H + h}$$

On peut avoir à effectuer un mélange de mélasses. Nous avons établi les formules suivantes qui permettent de résoudre tous les cas de la pratique.

Soient :

V = Volume de la première mélasse.

P = Polarisation de la première mélasse.

D = Densité de la première mélasse.

H = sa hauteur en mètres dans le bac ;

V′, P′, D′, H′, les mêmes données pour la seconde mélasse ;

π = polarisation du mélange ;

δ = densité id.

On a

$$\pi = \frac{P\,H - P'H'}{H + H'} = \frac{P\,V - P'\,V'}{V + V'}$$

$$\delta = \frac{D\,H + D'H'}{H + H'} = \frac{D\,V + D'\,V'}{V + V'}$$

$$P = \pi + \frac{H'}{H}\,(\pi - P') = \pi + \frac{V'}{V}\,(\pi - P')$$

$$P' = \pi + \frac{H}{H'}\,(\pi - P) = \pi + \frac{V}{V'}\,(\pi - P)$$

$$D = \delta + \frac{H'}{H}\,(\delta - D') = \pi + \frac{V'}{V}\,(\pi - D')$$

$$D' = \delta + \frac{H}{H'}\,(\delta - D) = \pi + \frac{V}{V'}\,(\pi - D)$$

$$H = H' \frac{(P' - \pi)}{\pi - P} = \frac{H' (D' - \delta)}{\delta - D}$$

$$H' = \frac{H (\pi - P)}{P' - \pi} = \frac{H (\delta + D)}{D' + \delta'}$$

$$V = \frac{V' (P' - \pi)}{\pi - D} = \frac{V' (D' - \delta)}{\delta - D}$$

$$V' = \frac{V (\pi - P)}{P' - \pi} = \frac{V (\delta - D)}{D' - \delta'}$$

A. — Analyse de la mélasse.

Nous empruntons la description de l'analyse de la mélasse au mémoire de Pellet présenté à l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie.

1° *Dosage du sucre cristallisable. Polarisation directe.* — Mélasses de sucreries de betteraves, provenant d'un travail ordinaire et ne renfermant pas de raffinose, ou des quantités extrêmement faibles. — 1° Prendre deux fois le poids normal du saccharimètre dont on dispose, dans un volume total de 200 cc. après avoir saturé l'alcalinité par quelques gouttes d'acide acétique et y avoir ajouté une quantité suffisante de sous-acétate de plomb, pour que le liquide filtré ne précipite plus par le réactif.

Un léger excès de sous-acétate de plomb n'est pas nuisible.

On peut déterminer cette quantité de sous-acétate de plomb par quelques essais spéciaux préliminaires sur une première pesée, ou bien en cherchant à reconnaître directement dans le ballon où se fait l'opération le moment où l'acétate basique de plomb n'agit plus.

Compléter le volume à 200 cc. en prenant les précautions d'usage, agiter et filtrer;

2° Prendre 100 cc. du liquide filtré dans un ballon de 200 cc., y ajouter 10 à 20 cc. d'une solution d'acide sulfureux pour précipiter l'excès de plomb et celui passé en dissolution, s'assurer que la quantité en est suffisante, compléter à 200 cc., agiter et filtrer.

Le volume d'acide sulfureux à employer varie beaucoup avec la densité de l'acide sulfureux qui doit marquer au moins

1,030-,1035, ensuite de la quantité de sous-acétate de plomb exigée par la mélasse.

A défaut d'acide sulfureux, on peut utiliser le sulfite de soude.

1° Pour l'inversion on prend 50 cc. du liquide + 5 cc. d'acide chlorhydrique pur. On agite, on chauffe à 67-70° au bain-marie préalablement porté à 70°.

On laisse le tout environ vingt minutes jusqu'à une demi-heure, et cela sans différence dans les résultats du moment que la température ne s'élève pas ;

2° Refroidir à la même température que pour la polarisation du liquide sulfureux avant inversion afin d'éviter les différences de volume de liquide ;

3° Jusqu'ici on n'a pas tenu compte de la perte de poids du ballon, durant le temps de chauffage de l'inversion. Pour l'exactitude on doit ajouter 0 cc. 15 d'eau du ballon après chauffage ;

4° Pour faciliter la répartition de l'acide chlorhydrique il est préférable d'agiter le ballon avant l'inversion ;

5° Ajouter 1/10 à la polarisation et calculer la quantité de sucre cristallisable en ramenant le tout à 100 grammes de matière normale, suivant les dilutions et les tubes employés. Noter la température et employer la formule de Clerget ancienne ou modifiée, dite formule allemande ;

6° Par l'inversion les liquides se colorent parfois légèrement et on peut encore utiliser le noir spécial, mais toujours en employant le même volume ;

7° Si les liquides sont trop colorés on peut utiliser soit la lumière de deux lampes Dupleix, ou quatre flammes, soit la lumière du gaz acétylène, ainsi que l'a indiqué Wiley ;

8° La formule Clerget est la suivante :

$$S = \frac{(P - P' \times 100)}{144 - 1/2t}$$

P étant la polarisation directe ; P′ étant la polarisation après inversion ; t la température.

Lorsque le signe de la polarisation après inversion est négatif on a $\frac{(P + P') \times 100}{144 - 1/2\,t}$

Lorsque la polarisation après inversion est encore positive, on retranche P — P′.

La formule allemande est la suivante :

$$\frac{(P - P') \times 100}{142,6 - 1/2t}$$

ANALYSE DES MÉLASSES DE BETTERAVES CONTENANT DE LA RAFFINOSE. — (MÉLASSES D'OSMOSE, MÉLASSES DE SUCRATERIE, OBTENUES PAR L'APPLICATION DES ALCALIS, CHAUX, BARYTE OU STRONTIANE). (ELUTION, SUBSTITUTION, SÉPARATION, ETC.), ET NE CONTENANT PAS OU QUE DES TRACES DE RÉDUCTEURS. — On opère absolument de la même manière que pour les mélasse qui rentrent dans le 1er cas. La formule seule diffère, et on doit en outre, pour éviter certains calculs en appliquant des tables, opérer la polarisation avant et après inversion à 20° C.

Il y a un certain nombre de formules proposées. Maintenant on emploie généralement la formule de Herzfeld, qui est la suivante :

$$\text{Sucre cristallisable} = \frac{P \times 0.5124 - P'}{0.839} \text{ (à 20°)}.$$

P étant la polarisation directe.

P′ étant la polarisation après inversion.

Le signe — dans la formule devient positif lorsque la polarisation est à gauche et reste négatif lorsqu'elle est à droite.

En un mot si l'on a polarisation avant. . . . . + 44
et polarisation après inversion . . . . — 13
la première polarisation est multipliée par 0,5124 ; au résultat *on ajoute* la polarisation après inversion, et on divise le total par 0,839. Ceci pour expliquer que dans quelques formules analogues connues, on a pensé devoir presque toujours avoir une polarisation à gauche après inversion, on a indiqué le signe + Ex. :

$$\frac{P \times 0,5124 + P'}{0,839}$$

Lorsqu'on ne peut pas opérer à 20° on adopte la formule tenant compte de l'influence de la température, et l'on a :

$$P' \times 20° = P't + 0,0038\,P\,(20 - t).$$

On ajoute le résultat si t est plus de 20°, on le retranche si t est plus petit que 20°.

En divisant par 1,84 on a la raffinose anhydre.

Mélasses de betteraves plus ou moins altérées ou provenant d'un travail spécial, et contenant une proportion notable de sucre inverti ou de réducteurs, en présence de raffinose. — Ce cas se présente très rarement en sucrerie de betteraves.

On pèse 49 gr. 4 de mélasses, en dissolution dans 200 centimètres cubes d'eau, on ajoute 20 centimètres cubes de sous-acétate de plomb.

On prend 150 centimètres cubes de liquide filtré et on ajoute 15 centimètres cubes d'une solution saturée de carbonate de soude, on agite et on filtre.

50 centimètres cubes du liquide filtré correspondent à 10 grammes de mélasse.

On met dans un vase en verre spécial 50 centimètres cubes de liqueur Fehling, 50 centimètres cubes de la liqueur de mélasse, et on met au bain-marie chauffé à 85° durant un quart d'heure seulement.

On recueille sur un filtre, on lave, on calcine et on pèse l'oxyde de cuivre.

D'après le poids de l'oxyde de cuivre, on calcule le poids du glucose, soit directement, soit en employant les tables de Meissl.

On trouve ainsi 0,05 de réducteurs ayant beaucoup d'analogie avec le sucre inverti quant à leur action sur la liqueur Fehling.

Par contre, si l'on met 50 centimètres cubes de la même solution avec 50 centimètres cubes de liqueur Fehling en laissant au bain-marie durant une demi-heure, on constate un poids de cuivre bien supérieur.

La quantité de réducteur peut atteindre 0,30, 0,40, et si l'on prolonge durant une heure on atteint un dosage de près de 1 p. 100.

2° *Densité.* — La densité de la mélasse se détermine généralement par l'aréomètre de Baumé. Autrefois, en France, on vendait la mélasse au degré Baumé, et cet usage existe encore aujourd'hui dans certains pays. Pour les comparaisons des échelles de Baumé, de la densité et du degré Balling, voir les tables que nous avons données dans la première partie de ce volume.

Il est bien certain que la nature visqueuse de la mélasse n'est pas favorable à la prise de la densité au moyen de l'aréomètre; aussi les résultats obtenus ainsi sont-ils incertains, même en supposant qne l'essai ait été fait à la température normale.

La dilution de la mélasse avec l'eau facilite la prise de la densité ; seulement il se produit une légère contraction, qui varie selon les mélasses et qui rend les résultats inexacts. On ne peut non plus employer la balance de Mohr. Le moyen le plus pratique pour déterminer la densité est l'emploi du pycnomètre de Keyr et Scheibler.

Si l'on considère que la mélasse renferme, outre le sucre, des sels et des matières organiques en quantités variables suivant la qualité des betteraves et leur mode de travail, tous les procédés de détermination de la densité de la mélasse seront subordonnés à ces restrictions.

Enfin, les mélasses peuvent contenir différentes impuretés en suspension. Il est recommandé de faire subir à la mélasse une filtration préalable à travers un tamis dit nº 30 pour la débarrasser au besoin des matières diverses qu'elle peut renfermer, telles que débris de bois, chiffons, etc.

La détermination de la densité de la mélasse est une opération qui donne parfois lieu à de grandes difficultés. Cela arrive lorsque le produit concentré a été émulsionné par suite d'une cause quelconque ; l'air emprisonné s'échappe difficilement de la masse. Il est indiqué dans ce cas de chauffer la mélasse pendant un certain temps dans des vases spéciaux (entonnoir fermé par une tige intérieure). Après un temps suffisant, on reçoit dans un verre la mélasse qui s'écoule, débarrassée de l'air.

Mais cette opération est dangereuse en ce sens que parfois on est forcé de laisser la température agir pendant assez longtemps, et il y a évaporation.

Si l'on est absolument obligé de chasser l'air de la mélasse, uous croyons qu'on peut en effet obtenir le résultat voulu par le chauffage plus ou moins prolongé, mais en mettant la matière dans un vase fermé muni d'un tube assez haut avec refroidisseur, pour qu'il y ait condensation complète de la vapeur d'eau. En un mot, il faut qu'on puisse chauffer aussi longtemps que cela est nécessaire pour l'évacuation de l'air sans avoir à craindre une concentration.

La densité des mélasses en France est très variable, mais leur teneur en sucre est sensiblement égale à 44-45 p. 100. La variation de la densité tient à ce que la nature des matières étrangères au sucre est tout à fait différente suivant les années, les fabriques, les procédés d'épuration des jus, etc. Quelques mélasses sont très épaisses à la température ordinaire, mais elles ne sont pas pour cela anormales.

3° *Eau.* — On dose l'eau en pesant 1-2 grammes de mélasse qu'on met dans une capsule de porcelaine avec du sable calciné et un agitateur dont la tare est connue. On expose à l'étuve à 110° jusqu'à poids constant.

On ne peut se servir des indications du saccharimètre pour la détermination des matières sèches, parce que la densité de ces matières est plus élevée que celle du sucre et que les résultats ainsi obtenus seraient inexacts. Le dosage de l'eau seule permet de les déterminer exactement. Ce dosage s'effectue le plus généralement maintenant en France à l'aide des capsules en métal (nickel ou aluminium) et ayant un très grand diamètre. On utilise la pierre ponce en petits grains pour hâter la dessiccation; par suite de la surface d'évaporation, l'opération est très rapide à 105-110°. Ces capsules sont munies de couvercles.

Cendres. — On pèse 1-2 grammes de mélasse dans une capsule de platine et on dessèche à 130° pour éviter le boursouflement. On peut aussi évaporer sur la flamme d'un brûleur et ensuite porter dans un moufle chauffé au rouge sombre jusqu'à complète carbonisation. Le résidu est légèrement imbibé d'eau, desséché, calciné. On obtient ainsi les cendres directes. Celles-ci s'obtiennent plus exactément en calcinant en présence d'acide sulfurique et retranchant 10 p. 100 du poids trouvé.

Le dosage des cendres directes de la mélasse, n'est pas une opération des plus simples et il est rare de pouvoir obtenir les cendres blanches à une température assez basse pour ne pas avoir à craindre l'entraînement de certains sels, notamment des chlorures.

Le plus généralement, pour avoir les cendres directes, on opère par lessivage, qui est, du reste, le seul procédé à em-

ployer pour la préparation des cendres destinées à l'analyse complète. Il consiste à carboniser d'abord la mélasse assez fortement pour être certain d'avoir détruit toute la matière organique et l'avoir transformée en charbon.

On traite le résidu par de l'eau bouillante, on filtre, on lave, et le liquide est évaporé dans une capsule de platine. Le filtre est calciné. Ordinairement ce filtre ne laisse que des cendres blanches lorsque la quantité de matière pesée n'est que de 1 à 2 grammes ; mais lorsqu'on veut préparer des cendres et qu'on a besoin de calciner successivement un total de 25, 50 ou 100 grammes, on obtient un résidu encore fortement gris et chargé de charbon. On fait alors un deuxième lavage, les eaux réunies aux premières sont évaporées et on renouvelle l'opération s'il y a lieu. En un mot, on a d'un côté l'eau à concentrer et le résidu insoluble calciné.

Lorsque la liqueur est suffisamment concentrée, on y ajoute le résidu insoluble et on continue la concentration; on calcine au rouge sombre, on pèse. On a les cendres directes.

On peut parfaitement peser à part la matière insoluble et la partie soluble. On ne fait le mélange que si l'on doit analyser plus tard les cendres préparées.

Le dosage indirect des cendres par l'addition de l'acide sulfurique permet d'obtenir plus facilement les cendres blanches, mais n'est pas plus exact, au contraire; car, aujourd'hui, il est certain que la différence de 1 p. 10 qu'on retranche du total pour l'augmentation de poids provoquée par la substitution de l'acide sulfurique à divers acides est trop faible. On a trouvé qu'elle était variable d'abord et ensuite qu'elle était plutôt de 2 p. 10. Mais, enfin, ce procédé est admis ; seulement on doit bien stipuler que ce sont les cendres sulfuriques.

Pour des analyses courantes, Pellet censeille de peser 3 grammes de matière, de mettre quelques gouttes d'éther sur la mélasse, d'ajouter l'acide sulfurique en volume déterminé et d'enflammer le tout. On évite généralement ainsi les boursouflements exagérés.

En pesant 3 grammes de mélasse, on n'a qu'à multiplier le résultat obtenu par 30 pour avoir les cendres calculées pour 100 grammes de matière, déduction faite de 1/10.

La pesée de 3 grammes de matière n'est nullement difficile

ni longue. Avec un peu d'habitude on arrive à peser rapidement ces 3 grammes *aussi vite* qu'en cherchant le poids de la matière mise à peu près. Il suffit d'essayer pour s'en convaincre. Mais ensuite les opérations du calcul sont infiniment plus simples et plus rapides.

Notons en passant que pour toutes ces opérations la balance que recommande Pellet est celle de Serrin, dans laquelle, à partir du décigramme, on utilise la longueur variable d'une chaîne pour compléter la pesée exacte. C'est l'application du cavalier, seulement en partant des centigrammes et en ayant le point fixe, mais la longueur variable.

Cette balance permet d'apprécier le demi-milligramme et de terminer une opération aussi rapidement. Il faut à peu près 3 fois moins de temps pour une pesée que par la balance ordinaire des laboratoires. De plus, ce qui est excessivement important, on évite les erreurs dues à la confusion possible des poids de 1 et de 2 centigrammes, etc., ou dans la lecture même de toute la série.

Analyse officielle des mélasses. — 1° Prendre 32 gr. 4 (16 gr. 20 $\times$ 2) de mélasse. Les placer dans une fiole graduée de 200 cc., de façon que la fiole soit incomplètement pleine et que l'on puisse agiter le liquide. Ajouter la quantité nécessaire de sous-acétate de plomb liquide, par portion de 2 cc. à la fois, à des intervalles réguliers de cinq à dix minutes, en ayant soin d'agiter à chaque addition; continuer la défécation jusqu'à ce que le liquide ne précipite plus par le sous-acétate. Compléter le volume à 200 cc. et filtrer.

2° Prendre la liqueur filtrée et polariser. Si le liquide est trop coloré, ajouter à 50 cc. de liquide filtré un gramme de noir pur fin, préalablement desséché, et laisser le noir en contact du liquide (en ayant soin d'agiter) pendant le moins de temps possible.

3° Prendre 100 cc. de liquide filtré, et les placer dans une fiole de 200 cc. environ. Ajouter 10 cc. d'acide chlorhydrique à 21° Bé. Suspendre la fiole dans un bain-marie, en faisant en sorte qu'elle y plonge jusqu'à la naissance du col. Elever progressivement, en dix ou douze minutes, l'eau du bain-marie depuis la température du laboratoire jusqu'à ce que le liquide

de la fiole marque 69-70° centigrades. Pour rendre l'évaporation du liquide aussi faible que possible, on pourra, à l'aide d'un bouchon et d'un tube effilé, fermer presque complètement l'orifice de la fiole. Pendant l'opération, agiter de temps à autre la fiole sans la sortir du bain-marie. Un thermomètre devra être maintenu dans le liquide de la fiole. Retirer la fiole du bain-marie et la laisser refroidir spontanément au moins jusqu'à 40° centigrades; la refroidir ensuite jusqu'à 20° et polariser de nouveau, en ayant soin que la température du tube se maintienne à 19-21°. On peut, comme dans le cas du titre direct, faire usage de noir fin pour décolorer le liquide.

Dans le cas où la mélasse ne contient que de la saccharose et de la raffinose, on applique la formule suivante de Creydt, où A est la déviation polarimétrique directe et B la déviation polarimétrique après inversion, augmentée de 10 p. 100 de sa valeur et prise avec le signe + ou —; on déduit ainsi la quantité de saccharose S et de raffinose anhydre R que contiennent 100 grammes de mélasse :

$$S = \frac{(A - B) - 0.493\,A}{0.827} \quad \text{ou} \quad S = 0.613 - 1.209\,B$$

$$R = \frac{A - S}{1.80}$$

Dans le cas où la mélasse contient de la saccharose et du sucre inverti en quantité notable, on applique simplement la formule Clerget :

$$S = \frac{200\,(A - B)}{288 - t}$$

où t est la température à laquelle se fait l'observation polarimétrique.

Cependant dans ces derniers temps, la sous-commission des sucres, chargée d'unifier les méthodes d'analyses applicables aux sucres, s'est réunie, a examiné s'il n'y avait pas lieu d'apporter quelques modifications au procédé donné en 1892 et est revenue à la polarisation directe.

B. — Extraction du sucre des mélasses

Osmose. — L'osmose est basée sur la vitesse de passage, différente selon les corps, des liquides à travers une membrane

de papier parchemin. Ainsi les corps qui ont une vitesse de dialyse très grande comprennent les sels, tandis que le sucre passe avec une vitesse beaucoup moins grande. La dialyse a été découverte par Graham et appliquée à l'industrie sucrière par Dubrunfaut, puis par Leplay.

En France les conditions fiscales rendent pour le moment ce procédé inapplicable ; mais comme il est utilisé dans d'autres pays nous en donnerons une description.

L'osmose se pratique au moyen d'osmogènes qui se composent essentiellement d'un châssis en fonte sur lequel on dis-

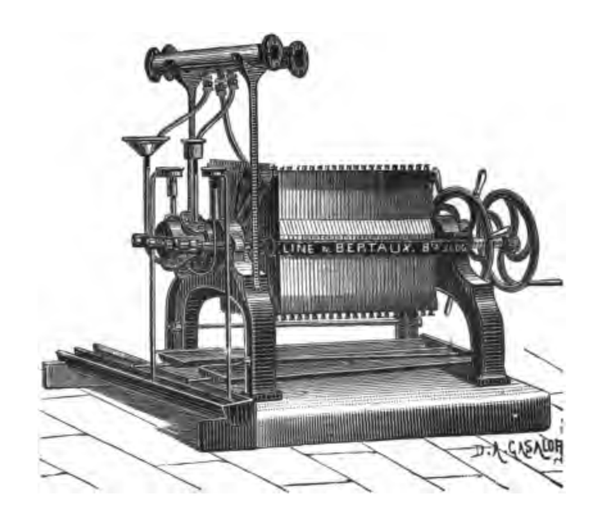


Fig. 101.

pose des cadres en bois entre lesquels sont placées des feuilles de papier parchemin. Chacun des cadres a sa fonction, les uns ne contiennent que de l'eau, les autres sont traversés par la mélasse étendue. Ils sont placés alternativement les uns à côté des autres et ne communiquent pas entre eux. Les cadres à eau sont en communication avec eux-mêmes, de même que les cadres à sirop. Le montage d'un osmogène exige que les cadres soient fermement pressés les uns contre les autres, afin d'éviter les fuites et les pertes de sirop. La sortie des sirops

et de l'eau se fait à une extrémité par une éprouvette à déversement dans laquelle flotte constamment un aréomètre destiné au contrôle de l'osmose.

Le travail de l'osmose d'une mélasse se pratique de la façon suivante :

On doit d'abord s'assurer de l'étanchéité de l'osmogène. A cet effet, les cadres sont plongés dans l'eau pendant quelque temps, puis placés dans le châssis et serrés. On y fait ensuite arriver de l'eau. Lorsqu'il n'y a plus aucun écoulement d'eau, on vide l'appareil et l'on place les papiers entre les cadres.

L'osmose est favorisée par la chaleur. On travaille donc avec des liquides à 70° C. de température.

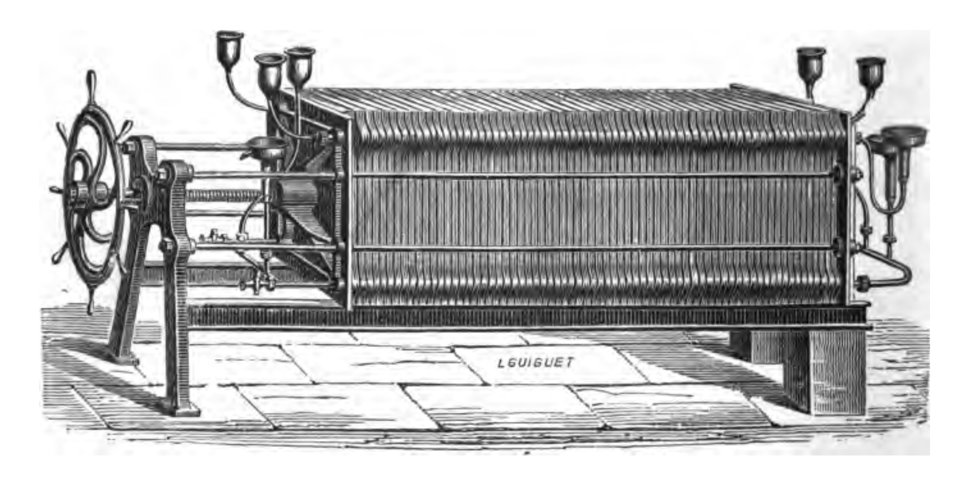


Fig. 102

L'arrivée de l'eau et de la mélasse se fait régulièrement. Cette dernière est débarrassée des impuretés mécaniques. En général la mélasse qui sort de l'osmogène a une densité de 1.150 à 1.180 et l'eau 1.010 à 1.015. Le rapport des volumes est de 2 à 5, c'est-à-dire qu'il passe 5 fois plus d'eau que de mélasse. Il n'y a pas de règle absolue pour le travail de l'osmose, c'est l'analyse des produits qui conduit le travail. On doit avoir une pureté aussi basse que possible de l'eau d'exosmose, tandis que celle du sirop doit augmenter proportionnellement. La pureté de la mélasse qui sort est d'environ 70, celle de l'eau

30, la pureté de la mélasse initiale étant de 64 environ. Le gain n'est donc que de 6. Lorsque la pureté de la mélasse osmosée s'abaisse, on augmente le courant d'eau.

Stohmann donne pour règle d'un bon travail les nombres suivants :

	Mélasse avant osmose.	Mélasse osmosée.	Eau d'exosmose.
	—	—	—
Densité......	1.351	1.148	1.012
Sucre 0/0 en poids. . . .	43.77	23.86	0.82
Pureté.	62.43	70.78	27.70

Les chiffres d'un mauvais travail sont les suivants :

	Mélasse avant osmose	Mélasse osmosée
	—	—
Densité	1,420	41,56
Sucre 0/0 en poids	51,98	23, 7
Pureté	64,4	67, 0

En général, au bout de 24 heures le pouvoir osmotique du papier s'affaiblit, la pureté n'augmente plus que peu. Ce sont les parties inférieures qui diminuent de force. On retourne alors l'osmogène dans certains systèmes et on recommence l'opération. Pour les autres, on change les papiers.

Il se dépose souvent de la chaux à la surface du papier. On l'élimine en faisant passer de l'acide chlorhydrique très dilué.

La mélasse osmosée est cuite comme un bas produit ordinaire et coulée en empli. On peut renouveler l'osmose sur l'égout qui proviendra du turbinage de cette masse cuite. On peut aussi faire avec une masse cuite de 1er jet, 4 et 5 jets.

Quant à l'eau d'exosmose, elle est soit rejetée, soit concentrée jusqu'à 45-46° Bé, puis abandonnée à la cristallisation. Ce sont dans ce cas des sels qu'on obtient. On les turbine et la dernière mélasse, très fluide, est incinérée dans des fours à potasse.

Cendres de mélasses de betteraves, travail de l'osmose.

	Mélasse non osmosée	Mélasse osmosée	Eau d'exosmose
Potasse	72.546	86.984	71.144
Soude	16.187	6.043	11.502
Chaux	3.311	1.729	1.586
Magnésie	0.169	0.159	0.354
Peroxyde de fer	0.326	0.378	1.222
Acide sulfurique	1.639	1.440	1.737
Chlore	5.819	3.265	12.453
	99.99	99.99	99.998
A déduire oxygène pour le chlore	1.3	0.730	2.6
	98.69	99.26	97.398

Cendres d'eaux d'osmose.

	Sans acide carbonique	
Potasse	79.461	55.806
Soude	4 244	10.170
Chaux	0.541	0.763
Magnésie	traces	0.264
Peroxyde de fer	0 161	0.231
Acide phosphorique	0.053	—
Acide sulfurique	2 980	4.210
Acide carbonique	—	19 351
Silice	0.165	12.012
Chlore	16.000	
	103.605	102.807
Oxygène à déduire par le chlore	3.605	2.710
	100 000	100.097

Procédé à la baryte. — Il a été découvert par Dubrunfaut et Leplay en 1849. C'est le premier procédé de dessucrage basé sur l'emploi des bases.

On se sert d'une solution chaude d'hydrate de baryte (1 mol.) à laquelle on ajoute de la mélasse (1 mol. sucre), On obtient ainsi le sucrate monobasique à l'état sableux qu'on lave à l'eau froide et qu'on carbonate.

L'inconvénient de ce procédé est l'emploi de hautes températures pour la régénération des résidus barytiques et l'attaque des matériaux des fours par la baryte.

Elution Scheibler. — Ce procédé n'est pas employé en France mais encore en Allemagne.

Si à une mélasse concentrée on ajoute de la chaux vive ou hydratée dans le rapport de 84 CaO pour 171 de sucre, on obtient un sucrate tribasique de chaux gélatineux qui, par dessiccation, devient grenu. Ce sucrate traité par l'eau se décompose et abandonne du sucre, tandis que l'alcool à 35° permet de le laver et de le purifier.

La combinaison du sucre et de la chaux est très rapide. On emploie pour cela de la mélasse à 84° Brix et on fait agir la chaux un peu éteinte à la température de 30-35°. Pendant l'opération la masse s'échauffe beaucoup, la température monte jusqu'à 125° et le volume augmente de 3 à 4 fois. L'eau vaporisée s'élève à 35 0/0 de la mélasse.

Lorsque la masse est refroidie, on la concasse en morceaux de la grosseur d'une noisette, puis on lave le sucrate dans des éluteurs ou cylindres en tôle avec de l'alcool à 35 G. L. Ce lessivage doit être méthodique et s'effectue comme dans une batterie de diffusion.

Lorsque l'alcool de lavage n'est plus que peu coloré, on fait arriver dans l'éluteur égoutté un courant de vapeur qui distille le reste de l'alcool et liquéfie le sucrate. Celui-ci est recueilli, puis carbonaté pour séparer la chaux, ou simplement envoyé avec le jus ordinaire dans les chaudières à carbonater.

La pureté du sucrate de chaux est de 88-90 en moyenne.

Quant à l'alcool de lavage il est distillé et la masse est utilisée soit comme engrais, soit calcinée.

Séparation Steffen. — Lorsqu'on refroidit une solution de sucrate monobasique de chaux à 15° C et qu'on y ajoute peu à peu de la chaux vive, il se forme du sucrate tribasique qui renferme tout le sucre à l'état insoluble. On procède ainsi. La mélasse est étendue à 12° Brix, puis refroidie à 15° et on y ajoute de la chaux en poudre fine, à intervalles égaux. On y ajoute ainsi de la chaux jusqu'à ce que la densité du liquide ne soit plus que de 7° Brix. On emploie ainsi 72 de chaux pour 100 de sucre. Le liquide toujours froid est passé aux filtres-presses. Le liquide qui s'écoule contient 0.4-0.6 0/0 de chaux

et est évaporé puis calciné. Le liquide de lavage sert pour la dilution de la mélasse.

Après épuration le sucrate est délayé à 20-25° Bé dans l'eau chaude, puis envoyé dans les chaudières de carbonatation.

La perte en sucre est de 6-8 0/0 du sucre de la mélasse. La pureté du sucrate est de 85-88.

Procédés à la strontiane. — Ces procédés sont dus à Scheibler.

1. Dans un malaxeur chauffé, on met une solution de strontiane à 10-13 0/0 d'hydrate, on chauffe à l'ébullition et on ajoute de la strontiane jusqu'à une teneur de 20-25 0/0. Le volume de ce liquide est à celui de la mélasse dans le rapport de 3 à 1. On ajoute ensuite environ la moitié de la mélasse, on augmente l'ébullition, puis on ajoute peu à peu le reste de la mélasse. Enfin l'alcalinité est portée à 12-14 0/0 par de la strontiane et après une légère ébullition on arrête l'opération. Pour 1 de sucre il faut 2 1/2 d'hydrate de strontiane cristallisé.

On sépare le sucrate bibasique le plus rapidement possible de l'eau mère au moyen d'un filtre à sucette. La première eau mère brune est mise à cristalliser pour séparer l'excès de strontiane, puis carbonatée. Des eaux de lavage qui renferment de la strontiane, 10 0/0 servent pour la production du sucrate. Le sucrate est mis dans des bacs avec une solution saturée de strontiane et à la température de 10°. Le temps nécessaire pour cette décomposition est de 24 à 72 heures. La masse est alors composée d'hydrate de strontiane cristallisé et de jus sucré. On sépare par tamisage et après égouttage les cristaux d'hydrate sont additionnés d'eau froide et turbinés. Le liquide obtenu est carbonaté. L'acide carbonique est pris dans les fours à strontiane. La carbonatation se fait à 60° et jusqu'à ce que l'alcalinité soit de 0,4 à 0,6 SrO par litre. On passe aux filtres-presses, on lave à l'eau chaude et on évapore le sirop obtenu. Tous les résidus de strontiane sont calcinés dans des fours spéciaux.

2. Dans un autre procédé de Scheibler on fait une solution saturée de strontiane avec 3 p. 100 d'eau à 70-80° et 1 p. 100 d'hydrate cristallisé, puis on ajoute en agitant la mélasse jusqu'à ce que le sucre corresponde à la quantité voulue de strontiane pour former le sucrate monobasique qui cristallise

peu à peu par le refroidissement en agitant des cristaux de strontiane. On filtre, on lave à l'eau froide. On obtient ainsi à l'état de sucrate les 2/3 ou les 3/4 du sucre de la mélasse. Le reste du sucre passe dans l'eau mère. On peut l'obtenir en le transformant en sucrate bibasique par l'addition d'hydrate de strontiane jusqu'à saturation et ébullition, ou bien en chauffant à 70° et ajoutant de la mélasse et de la strontiane dans le rapport voulu pour former le sucrate monobasique. On refroidit et on ajoute du sucrate monobasique pour favoriser la cristallisation. On continue ainsi et on liquide lorsque l'eau mère est devenue trop visqueuse, ce qui arrive après 6 à 8 opérations.

Pour décomposer le sucrate monobasique, on emploie de l'eau chaude non bouillante puis on laisse refroidir. On obtient des cristaux d'hydrate de strontiane et un sirop peu alcalin. On filtre et on carbonate.

Procédé Wohl. — Ce procédé est basé sur la précipitation du sucre à l'état de sucrate de plomb. On emploie pour 100 kilos de mélasse 120 à 150 kilos d'oxyde de plomb. La mélasse doit être concentrée et pour 1 de sucre il ne doit y avoir que 1/2 d'eau. On l'additionne de la quantité donnée d'oxyde de plomb et on chauffe à 70-90°, puis en malaxant on ajoute 1 1/2 à 2 1/2 d'eau. Au bout d'une demi-heure la combinaison est achevée. On la contrôle par la polarisation de l'eau mère qui doit indiquer 0. A ce moment on étend avec de l'eau chaude jusqu'à ce que la masse ait une température de 40-50° et on lessive systématiquement par décantation jusqu'à ce que la densité du liquide presque incolore soit de 0,5 Brix. Le sucrate de plomb est très peu soluble dans l'eau. On le sature par l'acide carbonique en facilitant la décomposition par un peu de sirop et on se débarrasse des dernières traces de plomb de la liqueur par l'addition de 1/4 à 1/2 0/0 de chaux.

Industriellement on a obtenu d'une mélasse des résultats suivants : 1 partie de mélasse, 2 1/2 p. d'eau et 1 1/4 à 1 1/2 p. d'oxyde de plomb sont chauffées à 70-90°. L'opération est terminée en 30 minutes. On lave avec 2 1/2 à 3 parties 100 d'eau. La solution marque 12-15° Brix et contient moins de 0,1 0/0 de plomb et pas plus de 1 à 2 0/0 du sucre de la mélasse. Le

sucrate carbonaté à froid donne un sirop à 30° Brix qu'on traite par 1-2 0/0 de noir et qu'on cuit en sucre blanc.

Procédé Langen. — Le procédé Langen consiste à traiter les mélasses par l'hydroxysulfure de baryum et à récupérer l'hydrosulfure après séparation du sucrate de baryte. Ce procédé appliqué pour la première fois à la sucrerie d'Euskirchen, en 1896, a été successivement perfectionné et fonctionne maintenant pratiquement. Les opérations sont faites dans l'ordre suivant :

Préparation du sulfure de baryum. — Le spath pesant($BaSO^4$) est concassé avec le coke, puis pulvérisé et tamisé. Le mélange est alors intime et comprend 100 parties de sulfate barytique et 25 de carbone. On ajoute à la charge d'un four 500 kilogrammes d'écumes de baryte. Le tout est chauffé dans des fours à gazogènes pendant deux heures et demie à trois heures à 1200-1300° C. On obtient du sulfure de baryum.

Préparation de l'hydroxysulfure de baryum en solution. — La masse calcinée est lessivée systématiquement dans des caisses, et la lessive doit contenir 40 à 45 p. 100 BaOHSH. Le résidu du lessivage renferme 1 à 2 p. 100 BaS, il est rejeté.

Précipitation de la mélasse. — La mélasse est pesée puis additionnée d'une quantité égale de la lessive ci-dessus dans un malaxeur ouvert et mise à bouillir. Le sucrate se précipite en gros grains. Pour une partie de sucre, il faut deux parties d'hydroxysulfure en solution, parce que le groupe BaO sert seul à la formation du sucrate.

Séparation du sucrate. — On passe aux filtres-presses avec une pression de 4 atmosphères. La solution filtrée pèse 50-55 Brix, on la recueille à part. Le lavage du précipité se fait avec de l'eau chaude à 70-80°.

Traitement du sucrate. — Le sucrate est broyé, puis sursaturé par l'acide carbonique jusqu'à ce qu'un échantillon donne un précipité blanc avec le sous-acétate de plomb. On chauffe et on recueille le carbonate de baryte dans un filtre-presse. Le jus qui passe a 20° Brix, on l'alcalinise avec un peu de chaux (0,01 p. 100 CaO) et on le travaille comme un jus ordinaire.

Le carbonate de baryte est régénéré comme il est dit plus haut.

Traitement des liquides barytiques. — Le liquide qui sort après la séparation du sucrate contient du sulfhydrate de baryte Ba $(SH)^2$, 21,5 p. 100 et de l'hydrate de baryte Ba $(SH)^2$,3,5 p. 100. On obtient pour 100 kilos de mélasse 1 kil. 4 de ce liquide pesant 50-55° Brix. On traite par l'acide carbonique qui transforme tout en carbonate de baryte. L'hydrogène sulfuré se dégage et on le recueille dans un gazomètre. L'acide carbonique est emprunté au four à chaux de l'usine.

Transformation du carbonate en sulfure. — L'hydrogène sulfuré est additionné d'air et enflammé dans un four à coke. Il se forme de l'acide sulfureux qu'on fait passer dans une colonne d'absorption garnie d'écumes de carbonate de baryte. 85 p. 100 de SO^2 sont absorbés dans une première colonne et le reste dans une seconde. Le sulfite de baryte produit passe dans un filtre-presse pour ensuite aller se transformer en sulfure dans la première opération décrite.

En résumé, pour 100 kilos de mélasse on emploie 34 kil. 4 de sulfate de baryte et on récupère 7 kil. 1 de carbonate. Le reste doit être revivifié. La masse cuite du procédé avait, d'après Herzfeld, la composition suivante :

Sucre	83.81
Raffinose	1.88
Cendres	1.22
Matières organiques	1.35
Eau	11.74
	100.00

La haute teneur en raffinose est due à la mélasse qui en contenait 3.6 p. 100 et qui provenait d'une usine travaillant par la séparation.

E. — Analyse des masses cuites.

Echantillonnage. — L'échantillonnage des masses cuites a une très grande importance et nous ne saurions trop appeler l'attention des chimistes sur ce point. La masse cuite étant formée de grains et de sirop, si dans le poids prélevé pour les analyses le rapport du grain au sirop est modifié, les résultats sont inexacts.

Dans les masses cuites on dose :

1° L'eau ;

2° Le sucre ;

3° Les cendres ;

4° La chaux ;

5° L'alcalinité et on calcule alors le coefficient salin, la pureté ;

6° Recherche des réducteurs. — Coloration. — Densité apparente. — Quantité de cristaux.

1° *Dosage de l'eau. — Eau apparente. — Eau réelle.*

On peut doser l'eau, soit en déterminant le Brix apparent, soit par le dosage direct.

L'eau déterminée par le Brix n'est pas exacte et on l'appelle *eau apparente.*

L'eau déterminée par le dosage des matières sèches est appelée eau directe ; par différence, on a le Brix réel.

Ces deux Brix, à l'aide du sucre, servent à calculer la pureté apparente ou la pureté réelle.

Pour déterminer le Brix apparent, on dissout en masse cuite 2 ou 3 fois le poids normal du saccharimètre dans 2 ou 300 centimètres cubes. On en prend le Brix corrigé par la température et on arrive ainsi à l'aide de formule simple à calculer le Brix apparent.

Voici la formule :

$$\frac{\text{Petit Brix} \times \text{densité} \times 100}{\text{Poids normal.}}$$

Admettons :

Petit Brix.	22.30
Densité	1,0939
Poids normal.	26.048

On a pour le grand Brix

$$\frac{22{,}30 \times 1.0939}{26.048} = 93.6 \text{ Brix.}$$

ou matières sèches apparentes p. 100 grammes de masse cuite.

Soit eau apparente $100 - 93.6 = 6.4$.

Eau réelle. — On dose l'eau directement comme dans les sirops.

On pèse environ 10 grammes de pierre ponce en petits grains dans une capsule de nickel, d'un diamètre de 80 à 100 millimètres, et on a soin de laisser un coin libre pour y placer la matière. On prend le poids exact total y compris le couvercle et un agitateur.

Mettre 3 à 4 grammes de matière, prendre le poids exact total. Par différence on a le poids de la substance à dessécher soit 3.680.

On verse de l'eau distillée bouillante (quelques centimètres cubes) sur la masse cuite, afin d'arriver à la transformer en sirop, on agite et on fait couler le liquide du côté de la pierre ponce. On met ainsi en 3 fois environ 10 à 12 cc. d'eau. Ensuite on remue la masse pour bien répartir le jus et la pierre ponce et on porte à l'étuve à 102-103 degrés. On laisse ainsi jusqu'à poids constant à 2 ou 3 milligrammes près. On a soin de laisser refroidir sous cloche et de peser la capsule fermée. Admettons une perte de 0,275.

Soit eau 0/0 $\frac{0,275 \times 100}{3,680} = 7,47$ eau réelle.

Soit matière sèche 92,53 au lieu de 93,6 par le Brix apparent.

On peut employer les capsules spéciales de Pellet, avec cavité centrale pour la matière.

Dosage du sucre. — On peut doser directement le sucre en pesant le poids normal de la masse cuite dans un ballon de 100 cc., délayer avec de l'eau chaude, refroidir et ajouter quelques centimètres cubes de sous-acétate de plomb avant de compléter à 100 cc. ; compléter à 100 cc., agiter, filtrer, polariser au tube de 200. On a de suite le sucre pour 100 grammes de masse cuite.

On peut encore prendre 50 cc. du liquide (des 300 cc.) déjà préparé pour le Brix apparent, les verser dans un ballon de 100 cc. mettre le sous-acétate voulu, compléter à 100 cc., agiter, filtrer et polariser au tube de 400 ou bien de 200 millim. et multiplier par 2 le résultat.

Si la masse cuite est trop alcaline, la saturer avant l'addition

du sous-acétate de plomb par 1 ou 2 gouttes d'acide acétique cristallisable.

Dosage des cendres — Opérer sur 3 grammes de matière, incinérer avec l'acide sulfurique, comme s'il s'agissait de sirops, de mélasses ou de sucre.

Peser les cendres et multiplier le résultat par 30 pour avoir les cendres pour 100 grammes.

Soit cendres pour 3 grammes de masse cuite 0 gr. 100; $0,100 \times 30 = 3$ grammes de cendres pour 100 grammes de masse cuite. C'est un calcul très simple et qui donne le même résultat que de rapporter à 100 grammes de masse cuite et de retrancher le 1/10.

On arrive à peser très facilement les 3 grammes exactement et on supprime bien des causes d'erreur dans les calculs.

Pour le dosage de la chaux. — On opère par l'hydrotimétrie ou par l'oxalate d'ammoniaque. Par l'hydrotimétrie ce qui est bien suffisant, on prend 5 ou 10 cc. de la solution du poids normal dans 100 cc. et on calcule d'après le tableau précédemment donné la quantité de chaux par litre de la solution. On n'a plus qu'à diviser le poids normal dans un litre pour avoir la chaux pour 100 de matière.

Exemple : pris 10 cc. de solution de 26.048 dans 100 cc. Degrés hydrotimétriques ordinaires 6°, on trouve dans le tableau 0,136 de chaux par litre

$$\text{D'où } \frac{0,136 \times 100}{26,048} = 0,52$$

Généralement on doit prendre 40 cc. de la solution (faite à l'eau distillée, ou avec de l'eau ammoniacale neutralisée par l'acide acétique. Cela ne change pas les résultats au point de vue pratique). On trouve 3 ou 4 divisions de savon, ce qui correspond à 0,05 ou 0,08 de chaux pour 100 grammes de masse cuite.

Par l'oxalate il faut ajouter de l'oxalate d'ammoniaque à 50 ou 100 cc. de la solution du poids normal dans 100 cc., faire bouillir, filtrer sur filtre spécial Schleicher et Schüll, laver, calciner le précipité à basse température.

On obtient du carbonate de chaux, lequel multiplié par

0.56 = chaux, rapporter à 100 grammes de masse cuite, ou bien on pèse spécialement 10 grammes de masse cuite qu'on dissout dans 80 ou 100 cc. d'eau distillée et on opère comme ci-dessus.

On peut doser l'oxalate de chaux par liqueur titrée de permanganate; mais en sucrerie le dosage de la chaux étant peu fréquent, nous ne donnerons pas le procédé qu'on trouvera dans les traités spéciaux d'analyse chimique.

Pour l'alcalinité, on peut opérer encore soit sur la liqueur faite pour tous les essais, en prenant le volume correspondant à la liqueur acide.

Par exemple, si l'on a adopté la liqueur dont 1 cc. = 0,0025 de chaux, on doit prendre 25 cc. de la solution.

Admettons qu'il ait fallu 6 cc. de la solution titrée d'acide. Donc 1 litre = 0,60 d'alcalinité exprimée, en chaux, cela représente l'alcalinité de 260 grammes de masse cuite. D'où alcalinité pour 100 grammes : 0,23 ou 2 gr. 3 par litre.

On titre l'alcalinité avec le phénol phtalique ou avec le tournesol.

Avec le phénol phtalique, on trouve de 0 à 0,10 d'alcalinité par 100 grammes de masse cuite 1[er] jet, et, avec le papier de tournesol neutre et sensible de Pellet, on trouve de 0,05 à 0,30.

Cela dépend de la nature de l'alcalinité, si les alcalis sont carbonatés ou non carbonatés, s'il y a des sulfites. On peut très bien constater une alcalinité nulle avec le phénol phlatique si l'on a utilisé l'acide sulfureux en fabrication et avoir encore 0,30 à 0,40 d'alcalinité visible au tournesol. Alcalinité aussi fixe que celle titrant seulement avec le phénol.

Recherche dés réductéurs. — En sucrerie de betteraves, il n'y a pas de sucres réducteurs dans les produits après la carbonatation. Seul le jus de diffusion en contient de 0,10 à 0,25, parfois 0,40. Tout est détruit par la chaux.

Mais il y a parfois intérêt à rechercher ces réducteurs sinon dans des produits ordinaires, du moins dans des produits paraissant altérés ou trop saturés par l'acide sulfureux, etc.

Le meilleur moyen est le suivant :

Prendre 20 grammes de matière dans 100 centimètres cubes, ajouter quelques centimètres cubes d'acétate de plomb à

30 p. 100 de sel. Compléter à 100 centimètres cubes, agiter, filtrer. Prendre 50 centimètres cubes + 5 centimètres cubes de carbonate de soude saturé, agiter, filtrer et prélever 25 centimètres de liqueur que l'on place dans un vase à précipiter. On verse 25 centimètres cubes de liqueur de Fehling récemment préparée et on porte au bain-marie bouillant. Quand le liquide intérieur a atteint 85-88°, on filtre, on lave, on calcine. On retranche 7 milligrammes du filtre. (C'est ce qu'un filtre Schleicher et Schull absorbe de sels de cuivre pour un diamètre de 11 centimètres.) La différence représentant l'oxyde de cuivre est calculée en réducteurs (formule du sucre inverti).

On applique le coefficient 0,458.

Admettons qu'on ait pesé 0, gr. 027 d'oxyde de cuivre directement, on aura $0,027 - 0,007 = 0,020$ et $0,020 \times 0,458 = 0,00916$ de réducteurs pour 25 centimètres cubes de liqueur et pour 55 centimètres cubes de liqueur = 0 gr. 020 rapportés à 50 centimètres cubes de liquide primitif. Donc 0,040 pour 100 centimètres cubes ou 20 grammes de matière. Soit 0,20 p. 100 de masse cuite.

Cette méthode est applicable aux sirops et à tous les produits de la sucrerie de betteraves.

Quant à la coloration, on examine si les masses cuites pures de 1er jet sont plus ou moins colorées que les sirops ou jus dont elles proviennent.

Pour cela, on ramène tous les produits à la densité du jus carbonaté de IIe et on compare les colorations à l'aide des colorimètres de Salleron (Houton-Labillardière), de Pellet-Demichel, de Stammer ou Ledocte. Les colorimètres ordinaires de Duboscq et autres du même genre ne donnent pas de résultats proportionnels, croyons-nous, d'après leur disposition.

On trouve alors que, sans sulfitation, on a par exemple :

Jus de 2e carbonatation	100
Sirop concentré.	100 à 110
Masse cuite.	110 à 115
Ou bien jus de IIe.	100
Sirop concentré.	130 à 140
Masse cuite	140 à 160

Cela dépend de la disposition de l'appareil à évaporer.

Avec la sulfitation on a alors :

Jus de II	100
Sirop sulfité.	50-80 ou 90
Masse cuite	55-85 ou 95

Si l'on n'a pas de colorimètre, on compare les liquides dans des flacons carrés à sucre (même grandeur, etc.). On met le liquide le moins coloré comme type dans un flacon. Puis, dans une éprouvette graduée, on met 75 à 50 centimètres cubes du liquide plus coloré à comparer. On étend peu à peu d'eau pour obtenir la coloration du type, et on trouve qu'on a étendu par exemple 75 centimètres cubes de liquide à 90 centimètres cubes. On ramène le tout à 100 et on calcule :

Si $75 = 90$ $100 = x$ et $x = 120$.

Donc le type étant représenté par 100 le liquide coloré = 120 ce qui est suffisant pour la pratique.

Il faut seulement avoir soin de filtrer les liquides pour les avoir aussi limpides que possible.

Densité apparente. — On cherche quelquefois à déterminer la densité apparente d'une masse cuite, afin de connaître le poids de l'hectolitre.

Il n'y a qu'un moyen, c'est de peser un volume déterminé de masse cuite à la température à laquelle on la mesure.

A cet effet, on a un 1/2 hectolitre vérifié dans lequel on verse de la masse cuite à la coulée. Ce 1/2 hectolitre en métal possède une rehausse mobile de quelques centimètres.

Quand la masse cuite a pris la température voulue, on enlève la rehausse mobile, ainsi que l'excès de masse cuite. On pèse et on a la densité de la masse qui varie de 1450 à 1540, suivant la concentration, la température, etc.

Avec la pesée dans un litre ordinaire en métal, on n'a pas assez d'exactitude pour les produits en grains.

Il faut alors prendre le litre spécial en verre de Pellet ou de Tirpitz.

Observations : Lorsqu'on veut des analyses très exactes, il faut souvent opérer en double ou triple et prendre la moyenne des résultats, car avec les masses cuites avec grains on n'est pas absolument certain de la répartition égale des cristaux et sirops.

On a intérêt parfois à préparer une dissolution à l'état de sirop sur laquelle alors on dose l'eau, etc., les causes d'erreur étant moins grandes en dissolvant 100 ou 150 grammes de matière qu'en pesant quelques grammes pour le dosage de l'eau ou pour le dosage des cendres.

Tout ce qui précède est applicable à toutes les masses cuites.

Dosage du sucre en cristaux contenu dans les masses cuites. — Ce dosage se fait au moyen de la turbine Sourdat, Voici comment on doit opérer :

1° Bien mélanger la masse cuite ou le sucre à lessiver;

2° Peser masse cuite :	200	350	ou 500 gr.
selon que les paniers de la turbine ont pour diamètres	14 c/m	18	20 c/m

Ce poids peut varier avec la richesse des masses cuites en cristaux.

En général il faut s'arranger pour n'avoir que :

grammes de cristaux	100 à 125	150 à 175	200 à 275
dans paniers de	14	18	20 c/m

On pèse sur une balance de la force de 2 à 5 kilogs sensible à quelques décigrammes, on utilise un vase en fer-blanc d'un litre avec le bec largement évasé.

3° Ajouter autant d'une solution sucrée saturée de sucre à froid, que de masse cuite pesée. Un excès ne nuit pas, au contraire. Pour certaines masses cuites en mettre plus;

4° Délayer le tout pendant quelques minutes jusqu'à ce que les cristaux de sucre paraissent bien séparés de l'égout; ne pas craindre d'agiter plus que moins, car la réussite totale de l'opération dépend de cette première manipulation;

5° Mettre la turbine en marche lente et verser le mélange de cuite et de clairce saturée. Le panier de la turbine étant formé d'une toile correspondant à la moyenne des toiles usitées en sucrerie, laisse passer l'égout et les cristaux de sucre fin non retenus en fabrique ;

6° Quand toute la matière a été introduite dans la turbine et le vase nettoyé à l'aide de la clairce écoulée en s'aidant aussi de la râclette de caoutchouc, on tourne plus rapidement en observant la masse à l'intérieur du panier, qui ne doit pas s'élever plus haut que les 2/3 de la toile métallique. Augmenter la vitesse au fur et à mesure que le sucre blanchit;

7° Verser alors 50 centimètres cubes de la clairce n° 2 à l'aide d'un vase en fer blanc muni d'un cône plein terminé en pointe et amenant la clairce au centre du panier. On cherche à répandre cette clairce sur l'arbre pour lessiver le sucre sur toute la hauteur.

On renouvelle l'opération avec 50 centimètres cubes de chacune des autres clairces n°s 3, 4, 5 et 6, dont la préparation est indiquée ci-après.

8° Si l'on est installé pour cela, envoyer de l'air chaud dans la turbine en mouvement en allumant l'alcool mis dans une capsule placée en bas du tube courbé et par un soufflet ordinaire mis à l'extrémité libre de ce tube ;

9° Enlever le support de l'axe de la turbine, retirer le panier et son arbre. Mettre la virole protectrice pour empêcher le sucre de passer à travers les trous des vis du fond ;

10° Enlever l'arbre et la poulie en dévissant les 4 vis situées au-dessous du panier, et ce par le système dit à baïonnette ;

11° Retirer la couronne du panier qui se place aussi à baïonnette et peser le tout.

On obtient le poids du sucre humide.

Après quelques essais et si l'on a employé pour finir de l'alcool à 95-96° et de l'air chaud, on trouve qu'il y a 0,25 à 0,50 d'humidité ou d'alcool. On adopte une moyenne. Connaissant le poids du panier on a le poids du sucre, d'où la proportion de cristaux pour 100 grammes de masse cuite.

EXEMPLE :

Poids du panier et toile de 18 c/m kilog.	1.150
Pris 300 grammes de masse cuite avec rentrée après délayage, etc., poids total.	1.310
Soit sucre humide.	0.160
Soit sucre humide pour 100 grammes de masse cuite.	53.33
Dosage de l'eau (rapide sur 5 grammes de sucre à 110°, ou adoption d'un chiffre moyen).	
Admettant 0.50 p. 100 du poids du sucre, soit	0.26
D'où sucre sec pour 100 grammes de masse cuite	53.07

La masse de sucre turbiné est mise à sécher à l'air libre et à une douce chaleur. Une fois sèche on en pèse 100 grammes que l'on passe à la série des tamis superposés pour déterminer la proportion des cristaux de sucre correspondant aux numéros suivants : 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 65, 80, 90, 100, 120, 160 et 200.

Généralement il n'y a pas de 90 et peu de 80, puisque la toile de la turbine correspond à du 65 environ. Mais ces tamis servent aussi à examiner les sucres commerciaux et les cristaux ou poussières contenus.

Pour avoir la proportion de grains fins, dans la masse cuite essayée, on remet dans l'intérieur du panier en toile n° 200 et on turbine le sirop d'égout recueilli. On opère lentement. Puis quand tout est passé, on nettoie le sucre avec des clairces successives et on sèche, puis on pèse sur une balance sensible, seulement la toile enlevée et qui retient tout le grain fin. On trouve de 2 à 20 grammes de grains fins.

Préparation des liqueurs sucrées saturées. — On prépare d'abord plusieurs kilogrammes de solution aqueuse ordinaire saturée de sucre blanc.

Pour cela, prendre par exemple 2 litres d'eau et 4. 4 kilogrammes de sucre blanc en poudre fine. Jeter le sucre dans l'eau chaude, agiter jusqu'à dissolution complète, laisser refroidir.

Cette solution mise de côté est étiquetée n° 1.

Elle laisse déposer du sucre cristallisé à la longue.

En mettant 50 à 60 centimètres cubes d'alcool à brûler (dénaturé ou non, ou de l'alcool à 90°) avec 200 centimètres cubes de la solution n° 1 on a la liqueur alcoolique dite n° 2.

En mettant 150 centimètres cubes d'alcool à brûler et 150 centimètres cubes de la solution n° 1 on a la liqueur n° 3.

En mettant 200 centimètres cubes d'alcool à brûler et 70 à 75 centimètres cubes de la solution n° 1 on a la liqueur n° 4.

En mettant 250 centimètres cubes d'alcool à brûler et 3 à 5 centimètres cubes de la solution n° 1 on a la liqueur n° 5.

La liqueur n° 6 n'est que de l'alcool ordinaire à 95 — 96°.

Si l'on n'a pas d'alcool fort on utilise de l'alcool à 90° ou même l'alcool à brûler dénaturé on non. Mais le sucre est alors plus humide et peut retenir 0,8 à 1.2 p. 100 d'eau, surtout si

l'on ne tourne pas fortement la turbine, ni assez de temps et sans air chaud. Les liqueurs alcooliques principales peuvent être mises de côté et être employées à nouveau, mais on doit toujours terminer par l'alcool seul.

Les liqueurs ci-dessus n'ont pas besoin d'être préparées avec une grande exactitude quant à la richesse alcoolique (1).

Lorsqu'on essaye des sucres bruts on ne prend que la moitié du poids de la masse cuite.

Cottrait propose la méthode suivante pour doser la quantité de cristaux qui existent dans une masse cuite.

On introduit 100 grammes de masse cuite dans un verre, on y ajoute 50 grammes d'une solution alcoolique saturée de sucre, d'acide chlorhydrique dont le titre en acide T est connu. On mélange sans briser les cristaux jusqu'à ce que l'eau mère soit délayée ; puis on jette sur un entonnoir contenant une toile métallique à l'intérieur et à l'extérieur et on fait le vide. Lorsque la moitié du liquide est passée, on pèse de nouveau et on trouve ainsi la quantité de sirop Q au moyen de son titre acide t. L'eau mère Q' est donnée par la formule :

$$Q' = \frac{T\,Q}{t} \text{ et le poids des cristaux par :}$$

$$100 - \left(\frac{T\,Q}{t} - 50\right)$$

Si par exemple le libre acide de la solution est 2, et si celul du sirop après filtration n'est plus que 1,05, si Q = 37 grammes.

$$Q' = \frac{37 \times 2}{1.05} = 70 \text{ gr. } 47$$

et pour les cristaux

$$100 - (70.47 - 50) = 79 \text{ gr. } 53$$

Pureté apparente des masses cuites. — Weisberg a proposé la méthode suivante. On pèse un multiple du poids normal saccharimétrique, trois fois, par exemple, on fait 300 centimètres cubes et on en prend la densité en faisant la correction de la température. 50 cc. sont déféqués et polarisés. Soit

(1) Les solutions saturées laissent toujours déposer un peu de sucre à la longue. Si pour une raison quelconque il n'en était pas ainsi, on ajouterait un peu de sucre en poudre fine.

T le degré Brix de la solution et D la densité correspondante, P = la polarisation, P′ la polarisation de la solution à T Brix.

$$P' = \frac{0.26048\ P}{D}$$

$$\frac{P' \times 100}{T} = \text{Pureté apparente}$$

$$\frac{P\ T}{P'} = T' = \text{Brix de la masse cuite primitive.}$$

Il est bien entendu que pour le saccharimètre français on prend 0 gr. 163 au lieu de 0.26048.

Calcul du rendement d'une masse cuite. — Soit une masse cuite quelconque ramené à sa composition centisimale ou à la quantité R 0/0 kilogs de betteraves.

Elle sera :

	0/0 de masse cuite	0/0 de bett. = R
	—	—
Sucre..................	α'	α
Cendres................	β'	β
Coeff. salin	m	m.

Le sucre obtenu aura pour composition :

	0/0 de sucre	0/0 de betterave
	—	—
Sucre..................	s′	x
Cendres...............	a′	a
Coeff. salin.............	p.	p.
Titrage............. ...	$s' - 4\ a' = t$	

Et l'égout sera :

	0/0 d'égout	0/0 de betterave
	—	—
Sucre....	s″	y
Cendres...............	b′	b
Coeff. salin	q.	q.

Les équations qui permettent de calculer x y a b sont :

$$x + y = \alpha. \qquad \frac{x}{a} = p.$$

$$a + b = \beta. \qquad \frac{y}{b} = q.$$

Si la masse cuite est ramenée à 100, on remplace R par 100 et α par α' β par β' dans les équations suivantes et on a.

En les résolvant on a :

$$x = \frac{\alpha\ p\ (q - m)}{m\ (q - p)} \qquad y = \frac{\alpha\ q\ (p - m)}{m\ (p - q)}$$

$$a = \frac{\alpha - q\ \beta}{p - q} \qquad b = \frac{p\ \beta - \alpha}{p - q}$$

Les rendements S_{br} en sucre brut p. 100 bett. et S_r en raffiné sont :

$$S_{br} = \frac{100\ x}{S_t} \qquad S_{raff} = \frac{S_{br} \times t}{100}$$

Le rendement M en mélasse à S″ de sucre p. 100 est :

$$M = \frac{100\ y}{S''}$$

Les autres valeurs tirées des équations sont :

$$p = \frac{m\ q\ x}{\alpha(q - m) + m\ x} = \frac{m\ q\ (y - \alpha)}{m\ y - \alpha\ q} = \frac{\alpha - q\ (\beta + a)}{a} = \frac{b\ q - \alpha}{b - \beta}$$

$$q = \frac{(m\ p\ y}{\alpha\ (q - p) + m\ y} = \frac{m\ p\ (x - \alpha)}{m\ x - \alpha\ p} = \frac{\alpha + p(b - \beta)}{b} = \frac{\alpha - a\ p}{\beta - a}$$

$$m = \frac{\alpha\ p\ q}{x\ (q - p) + m\ y} = \frac{\alpha\ p\ q}{y\ (p - q) + \alpha\ q} = \frac{x + y}{a + b}$$

$$\alpha = \frac{m\ x\ (q - p)}{p\ (q - m)} = \frac{m\ y\ (p - q)}{q\ (p - m)} = a\ (p - q) + q\ \beta = p\ \beta - b\ (p - q)$$

$$\beta = \frac{\alpha - a\ (p - q)}{q} = \frac{\alpha + b\ (p - q)}{p}$$

CHAPITRE VII

GÉNÉRATEURS ET MOTEURS

Nous ne pouvons qu'être très sobre sur ce chapitre, bien que celui-ci offre un grand intérêt pour le fabricant de sucre,

1. Générateurs.

Les générateurs qu'on emploie le plus généralement en sucrerie sont du type semi-tubulaire à bouilleur. Cependant on rencontre aussi des installations de tubulaires genre locomotive et de multitubulaires à petits éléments. Les générateurs à bouilleurs sont de plus en plus délaissés parce que leur rendement est faible par unité de surface.

Le combustible employé est la houille à l'état de tout venant, c'est-à-dire telle qu'elle sort de la mine et contenant le moins possible de cendres, soit 10 p. 100 au maximum et d'humidité, soit 3 à 5 p. 100. Il faut bien considérer que l'humidité ne doit pas être comptée dans la garantie donnée pour les matières volatiles, qui atteignent en moyenne 15 p. 100.

La puissance calorifique pratique des houilles est d'environ 8.400 calories; celle de l anthracite de 7.500 et du coke de 7.000, ce qui veut dire qu'un kilo de houille vaporise dans les conditions normales 8 kil. d'eau à 0°.

Si θ est la température de l'ébullition dans la chaudière, C la puissance calorifique ramenée à 0°, Q' la puissance calorifique trouvée, c'est-à-dire le poids d'eau réellement transformée en vapeur, pour 1 kilogramme de houille on a

$$Q = Q' \left(1 \frac{\theta'}{606.5 + 0{,}305\,\theta}\right.$$

θ', étant la température de l'eau d'alimentation, d'où l'on déduit :

$$Q' = \frac{Q}{1 - \dfrac{\theta'}{606.5 + 0{,}305\,\theta}}$$

Dans un générateur, on doit chercher à obtenir le maximum d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe. Cette quantité varie dans des limites assez grandes, 15 à 30 kilogrammes par heure et même 50 kilogrammes avec le tirage forcé. Quant à la consommation du combustible, elle est de 60 à 80 kilogrammes par mètre carré de grille et par heure.

Ces éléments suffisent pour donner une idée de l'importance que doit avoir une batterie de générateurs pour une consommation fixe de vapeur.

Il faut autant que possible ne pas forcer l'allure d'un générateur. Outre la fatigue que les tôles supportent, on provoque des entraînements d'eau qui se rendent dans les cylindres et peuvent provoquer la rupture des fonds de cylindres.

En sucrerie, on commence à scinder en deux la batterie de générateurs, on produit de la vapeur à basse pression pour les chauffages, c'est-à-dire à 2 kilogrammes, ayant une température de 133° et de la vapeur à haute pression à 8 kilogrammes ($\theta = 175$) pour le service des moteurs. Il est alors avantageux d'utiliser pour ce dernier service des générateurs multitubulaires dont la marche doit toujours être bien régulière.

Nous rappellerons que les appareils à vapeur sont régis par le décret du 1er mai 1880, le décret du 29 juin 1886 relatif aux clapets de retenue de vapeur, la circulaire du 11 avril 1891 relative aux clapets de retenue, la loi du 21 juillet 1856 relative aux contraventions aux règlements.

Le contrôle de la marche des générateurs est très important au point de vue de l'économie de combustible à réaliser. En général ce contrôle se fait par voie chimique en se basant sur l'analyse des gaz. Cette analyse se fait à l'aide de plusieurs appareils dont le plus répandu est celui de Redder qui échantillonne les gaz produits pendant un temps déterminé. Il ne reste plus après qu'à procéder au dosage de l'acide carbonique.

Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage de décrire tous les appareils accessoires de la batterie de générateurs. Nous dirons cependant quelques mots de ceux qui se répandent le plus. Les déverseurs de vapeurs fonctionnant avec soupape équilibrée ont pour but de réduire à une pression peu élevée la vapeur produite à haute pression. Ces appareils servent spé-

cialement dans le cas d'une batterie à haute et d'une batterie à basse pression. L'excès de vapeur de la première est déversé dans la conduite générale de la basse pression au moyen de ce déverseur qui fonctionne automatiquement.

Nous décrirons aussi l'alimentateur Sandillon qui fonctionne automatiquement.

Alimentateur hydro-automatique pour générateurs Sandillon. — Les perfectionnements apportés dans l'industrie par l'installation de machines ou appareils nouveaux, ainsi que l'emploi des calorifuges, n'ont eu qu'un seul but : économiser de la vapeur et, par suite, réduire le plus possible la dépense de combustible. Malheureusement, la production de la vapeur reste toujours aussi coûteuse, car jusqu'à présent, il n'a été fait que peu de chose du côté des générateurs pour obtenir de la vapeur à bon marché. L'alimentation surtout laisse partout à désirer parce que l'ouvrier chargé de ce service s'en acquitte fort mal. Il emplit les générateurs outre mesure, ou il oublie d'alimenter en temps. Dans le premier cas, le chauffeur, pour maintenir sa pression, est obligé de pousser ses feux, en brûlant ainsi beaucoup trop de charbon, et, dans le second cas, les accidents les plus graves sont à redouter.

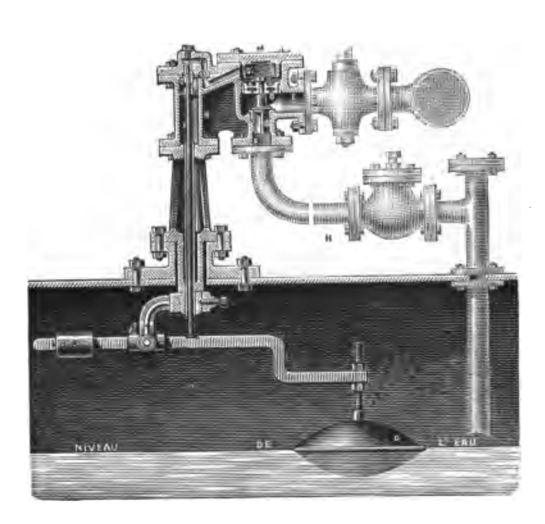


Fig. 103.

L'alimentateur hydro-automatique Sandillon supprime ces inconvénients. Il se compose de deux boîtes à clapets accouplées et fixées sur une colonne boulonnée sur la chaudière à alimenter (fig. 103).

Dans la boîte M se trouve un piston A faisant corps avec le clapet B.

Dans la boite N se trouve également un petit clapet C relié au flotteur D par une tige I. L'eau de la pompe alimentaire arrive par le tuyau E, entre le piston A et son clapet B. La section du piston étant supérieure à celle du clapet, l'eau, par sa pression, fait monter le piston, qui, découvrant l'orifice F, lui donne passage pour pénétrer dans la chaudière par le tuyau H.

Le piston A est percé d'un petit trou O, par lequel passe une partie de l'eau amenée par le tuyau E. Cette eau emplit l'espace G au-dessus du piston, passe par le canal L, arrive au petit clapet C et s'écoule autour de la tige I dans la chaudière.

L'alimentation durera tant que le clapet C restera ouvert, mais aussitôt que le niveau sera atteint, le flotteur D en remontant fermera le clapet C, et l'eau qui arrivait par le canal LL, ne trouvant plus d'issue, s'accumulera en arrière du piston A qu'elle équilibrera. Le ressort n'ayant plus de résistance à vaincre, appliquera énergiquement le clapet B sur son siège et arrêtera net l'alimentation. Dès que le niveau de l'eau viendra à baisser dans la chaudière, les mêmes mouvements se reproduiront et assureront l'alimentation du générateur.

2. Machines à vapeur.

Les types de machines à vapeur sont nombreux. En général, en sucrerie, on emploie des machines à tiroirs plans avec faible détente et sans condensateurs. Cependant quelques installations nouvelles emploient des machines Compound avec vapeur à haute pression qui produisent une économie considérable de vapeur.

La force des machines s'établit en chevaux de 75 kilogrammètres.

Quelques sucreries commencent à employer comme moteurs à grande vitesse les turbines de Laval qui utilisent la force vive de la vapeur au lieu de la détente.

D'autres usines, surtout à l'étranger, emploient le moteur unique et transportent l'énergie au moyen du courant électrique.

La vapeur de retour des machines sert au chauffage de l'appareil d'évaporation.

CHAPITRE VIII

LÉGISLATION FRANÇAISE

1. Résumé de la législation actuelle.

TARIF ET MODE DE LIQUIDATION DES DROITS.

1° *Tarif intérieur.*

Les droits sur les sucres sont actuellement perçus d'après le tarif suivant :

A. — Tarif commun aux sucres de toute origine :

Sucres bruts et raffinés : 60 francs par 100 kilogrammes de sucre raffiné ;

Sucres candis : 64 fr 20 par 100 kilogrammes ;

Sucres employés au sucrage des vins, cidres et poirés : 24 francs par 100 kilogrammes de sucre raffiné.

B. — Sucres représentant soit les excédents de rendements, ou le déchet de fabrication dans les fabriques indigènes, soit le déchet de fabrication alloué aux colonies françaises;

30 francs pour 100 kilogrammes de sucre raffiné.

Glucoses indigènes : 13 fr. 50 les 100 kilogrammes.

Nota. — Les sucres à destination de la Corse n'acquittent que la moitié des droits portés au tarif. (Loi du 21 avril 1818.)

Indépendamment des taxes ci-dessus, les sucres de toute origine acquittent :

1° Un droit de fabrication de 1 franc par 100 kilogrammes de sucre raffiné, s'ils sont livrés à la consommation à l'état de sucre brut ;

2° Ou un droit de raffinage de 4 francs par 100 kilogrammes perçu à l'entrée en raffinerie, s'ils sont destinés à être consommés à l'état de raffinés. (Loi du 7 avril 1897.)

Les sucres indigènes sont imposés partie au tarif normal (*A*), partie au tarif spécial (*B*). La répartition des sucres fabriqués, entre l'un et l'autre tarif, s'opère suivant l'un des deux modes ci-après, entre lesquels les fabricants sont admis à opter. (Loi du 29 juin 1891).

Premier mode (imposition d'après le rendement des betteraves). — Sont passibles du tarif normal (60 francs par 100 kilogrammes) : 1° les sucres obtenus jusqu'à concurrence de 7,75 kilogrammes de sucre raffiné, rendement légal, par 100 kilogrammes de betteraves mises en œuvre ; 2° la moitié des sucres obtenus au-dessus d'un rendement de 10,50 kilogrammes.

Sont passibles du tarif spécial (30 francs par 100 kilogrammes) : 1° les sucres obtenus en sus du rendement de 7,75 kilogrammes jusqu'à un rendement de 10.50 kilogrammes ; 2° la moitié des sucres obtenus au-dessus de 10,50 kilogrammes.

Deuxième mode (imposition à l'effectif). — Sont passibles du tarif normal

(60 francs par 100 kilogrammes), les sucres effectivement fabriqués, sous déduction d'un déchet de fabrication de 15 p. 100. Les sucres représentant ce déchet acquittent seulement la taxe de 30 francs.

Les sucres des colonies françaises sont imposés au tarif normal, sous déduction d'un déchet égal à la moyenne des excédents réalisés par la sucrerie indigène pendant la précédente campagne (loi du 13 juillet 1886. Les sucres représentant ce déchet ne sont passibles que de la taxe de 30 francs par 100 kilogrammes.

2° *Tarif douanier.*

En sus de la taxe intérieure, les sucres bruts étrangers d'origine européenne ou importés des entrepôts d'Europe supportent une surtaxe de douane non remboursable en cas d'exportation, de 9 francs par 100 kilogrammes, poids effectif. Cette surtaxe est applicable aux sucres en poudre importés des pays hors d'Europe pour la consommation.

Les sucres raffinés autres que candi et les sucres assimilés aux raffinés sucres bruts dont le rendement présumé au raffinage est supérieur à 98 p. 100) de toutes provenances, sont frappés d'une surtaxe de 16 francs par 100 kilogrammes, poids effectif au tarif général, et de 10 francs en tarif minimum.

Les candis payent 28 fr. 80 en tarif général, et 25 fr. 80 en tarif minimum. les 100 kilogrammes (poids effectif).

Les droits de douane sur les dérivés du sucre sont les suivants :

Mélasses étrangères autres que pour la distillation, ayant en richesse saccharine 50 p. 100 ou moins :

	Par 100 kil.
Tarif général........................Fr.	24 75
Tarif minimum........................	20 75

Mélasses autres que pour la distillation, ayant en richesse saccharine plus de 50 p. 100.

	Par 100 kil.
Tarif général........................	52 50
Tarif minimum........................	42 90

Chocolat contenant 55 p. 100 de cacao au moins :

	Par 100 kil.
Tarif général........................	132 25
Tarif minimum........................	102 25

(Loi du 7 avril 1897).

Sirops, bonbons, fruits confits au sucre :

	100 kil. net.
1° Des colonies et possessions françaises.	64 »
3° De l'étranger : tarif général..........	80 »
— tarif minimum........	74 »

Biscuits sucrés :

1° Des colonies et possessions françaises.	32 »
2° De l'étranger : tarif général...........	58 »
— tarif minimum........	51 »

Confitures au sucre et au miel :

1° Des colonies et possessions françaises.	32	»
2° De l'étranger : tarif général...........	40	»
— tarif minimum.... ...	37	»

Lait concentré additionné de sucre :

Tarif général, moins 50 p. 100 de sucre..	48	»
Tarif minimum : moins 40 p. 100 de sucre.	35	60
— 40 p. 100 inclusivement à 50 p. 100 exclusivement.	43	»

Mélasses pour la distillation, y compris les eaux d'exosmose :

Mélasses des colonies et possessions françaises : exemptes.		
Mélasses étrangères : tarif général..Fr.	0	30
— tarif minimum...	0	20

par degré de richesse saccharine absolue (loi du 14 juillet 1897).

La taxe intérieure de 13 fr. 50 sur les glucoses indigènes n'est pas applicable aux glucoses d'origine étrangère. Ces produits sont, par assimilation aux sirops, passibles d'une taxe égale à celle des sucres raffinés (70 ou 76 francs les 100 kilogrammes).

Il est alloué aux sucres des colonies françaises importés directement en France une détaxe de distance de 2 fr. 25 par 100 kilogrammes de raffiné pour les colonies de l'Atlantique, et de 2 fr. 50 pour les autres colonies.

Une détaxe analogue de 2 francs par 100 kilogrammes (poids effectif) est accordée aux sucres indigènes expédiés, sous certaines conditions de distance et de transport, sur les raffineries des ports de l'Atlantique et de la Méditerranée ou sur celles de l'intérieur, pour y être mis en œuvre en vue de l'exportation. La détaxe est remboursée au Trésor en cas de non-exportation. (Loi du 7 avril 1897).

3° *Liquidation des droits.*

Les droits sur les sucres destinés à la consommation intérieure sont dus :

Pour les sucres indigènes, à la sortie des fabriques et des entrepôts;

Pour les sucres coloniaux et pour les sucres étrangers, à l'entrée sur le territoire ou à la sortie des entrepôts.

Les sucres raffinés sont imposés pour leur poids total sans réfaction. Sont considérés comme raffinés, les sucres en pains ou agglomérés de toutes formes. Sont assimilés aux raffinés, les sucres en poudre provenant des pays étrangers; et dont le rendement présumé au raffinage dépasse 98 p. 100. (Loi du 19 juillet 1880).

Le sucre candi rentre dans la catégorie des raffinés ; il est, comme ces derniers, imposé pour son poids total sans réfaction. Mais, comme sa fabrication exige une quantité de sucre brut supérieure de 7 kilogrammes, à celle qui suffit pour les raffinés ordinaires, la loi établit une différence de 4 fr. 20 entre le tarif des candis et celui des raffinés.

Les sucres en poudre de toute origine, autres que ceux assimilés aux raffinés, sont imposés d'après leur rendement présumé au raffinage, sans que

ce rendement puisse être inférieur à 65 p. 100 s'il s'agit de sucres indigènes coloniaux ou étrangers de canne, et à 80 p. 100 s'il s'agit de sucres étrangers de betteraves. Le rendement présumé au raffinage est établi sans fraction de degré, au moyen de l'analyse polarimétrique à laquelle les sucres sont soumis dans les laboratoires du ministère des Finances. Sur le titrage (richesse absolue) accusé par le polarimètre, il est fait une réfaction égale à quatre fois le poids des cendres et à deux fois le poids du glucose (sucre inverti) dont les essais ont fait reconnaître la présence dans les sucres. Il est en outre opéré, sur le produit de la multiplication du poids effectif par le rendement ainsi déterminé, une déduction, à titre de déchet de raffinage, égale à 1 1/2 p. 100 de ce rendement.

En cas de contestation sur les titrages constatés dans les laboratoires administratifs, ces constestations sont déférées aux commissaires experts institués auprès du ministère du Commerce par la loi du 27 juillet 1822 et dont les décisions sont sans appel. Les analyses effectuées dans les laboratoires sont maintenues comme exactes lorsque les différences reconnues en plus ou en moins n'atteignent pas 1 degré (loi du 19 juillet 1880 et loi du 5 août 1900).

Les vergeoises, produit inférieur du raffinage, sont soumises au même traitement que le sucre brut, mais il n'est fait sur le titrage polarimétrique aucune déduction pour le glucose. Celles qui titrent plus de 98 p. 100 sont assimilées aux raffinés, lorsqu'elles sont importées de l'étranger.

Il convient de faire remarquer que les sucres ne sont imposées à l'état de raffiné qu'à l'importation ou lorsqu'ils proviennent de fabriques-raffineries. Ceux qui sortent des raffineries proprement dites (établissements indépendants) ont acquitté l'impôt à l'état de sucres bruts avant leur introduction dans ces établissements.

Les droits sont acquittés soit au numéraire, au comptant sans escompte, soit au moyen de traites cautionnées à échéance de quatre mois, avec paiement d'un intérêt calculé à raison de 3 p. 100 l'an et d'une remise de 1/3 p. 100 destinée à couvrir le Trésor et le comptable des risques que peut leur faire courir la concession du crédit (Loi du 15 février 1875.)

La constatation et la perception des droits sur les sucres et les glucoses indigènes incombent à l'Administration des contributions indirectes.

La vérification des sucres à l'importation et la perception des droits (taxes intérieures et surtaxes) dont ils sont passibles rentrent dans les attributions du service des douanes.

Les sucres indigènes et les sucres étrangers de betterave sont imposés d'après leur poids net réel.

A l'égard des sucres coloniaux et des sucres étrangers de canne, la douane détermine le poids net imposable en déduisant du poids brut des colis une quotité fixe déterminée à l'avance d'après la nature des emballages et qui constitue la tare légale.

Les tares légales sont actuellement fixées à 13 p. 100 pour les emballages en bois dur, 10 p. 100 pour les emballages en bois tendre, 8 p. 100 pour les canastres, etc.

Il en est fait application chaque fois que les importateurs ne réclament pas la tare réelle.

EXPORTATION DIRECTE ET ADMISSION TEMPORAIRE.

La loi du 7 mai 1864 a supprimé tout drawback, toute restitution de droits sur les sucres exportés.

L'exportation se fait : soit directement des fabriques ou des entrepôts, en suspension, du paiement des droits, soit sous le régime de l'admission temporaire.

1° *Exportation directe.*

Les sucres indigènes passibles du tarif normal qui sont destinés à l'exportation directe sont enlevés des fabriques ou des entrepôts en suspension de paiement des droits sous la garantie d'acquits-à-caution. Les acquits sont simplement déchargés par la douane, après constatation de l'embarquement ou du passage à l'étranger.

2° *Admission temporaire.*

Aux termes de la loi du 7 mai 1864, les sucres non raffinés de toute origine jouissent de la faculté de l'admission temporaire. Ce régime est obligatoire pour les sucres bruts destinés à l'exportation ou à la réexportation après raffinage.

Sont exclus de ce régime les sucres raffinés de toute origine et les sucres de toute espèce importés des pays ou des entrepôts d'Europe.

L'admission temporaire consiste dans la faculté accordée aux redevables de prendre livraison de sucres en franchise des droits, mais à la charge par eux de justifier, dans un délai de deux mois, soit de l'exportation, soit de la mise en entrepôt réel d'une quantité correspondante, ou d'acquitter sur les quantités soumissionnées les droits dont l'encaissement a été provisoirement suspendu.

Les intérêts du Trésor sont garantis par des obligations cautionnées donnant lieu au paiement d'une remise de 1/6 p. 100 et, en cas d'apurement en numéraire, à un intérêt de 3 p. 100 l'an, à compter de la date de l'obligation. Ces obligations sont souscrites pour la quantité de raffiné que représentent les sucres bruts soumissionnés, d'après les résultats des analyses effectuées dans les conditions qui ont été définies plus haut en ce qui concerne la liquidation des droits. Les sucres placés en admission temporaire sont provisoirement considérés comme libérés d'impôt.

Les sucres raffinés en pains ou agglomérés, les sucres cassés en morceaux réguliers, les morceaux irréguliers et les poudres provenant du cassage ou du pilage des pains dans les établissements surveillés par les services des douanes ou des contributions indirectes, sont reçus à la décharge des comptes d'admission temporaire pour leur poids total, à la condition d'être parfaitement épurés, durs et secs ou de provenir de pains présentant ces conditions. Les sucres candis doivent présenter l'aspect de cristaux secs et transparents : ils sont comptés à raison de 107 kilogrammes de raffiné pour 100 kilogrammes de candi. Les autres produits du raffiné, c'est-à dire les sucres en morceaux irréguliers, les poudres provenant du pilage ou du sciage des pains dans les

établissements non surveillés, enfin les vergeoises sont reçues à la décharge des comptes d'admission temporaire à raison de la quantité de sucre pur qu'ils sont reconnus représenter d'après l'analyse effectuée par les procédés saccharimétriques avec la réfaction des cendres au coefficient 4, mais sans la réfaction pour le glucose et sans la déduction de 1 1/2 à titre de déchet.

Est également reçu à la décharge des comptes d'admission temporaire, le sucre cristallisable existant en cet état dans les fruits confits, bonbons, confitures, biscuits sucrés, exportés ou placés en entrepôt pour être ultérieurement exportés. La même mesure a été étendue au sucre contenu dans les liqueurs, sirops et fruits au sirop.

L'exportation ou l'entrée en entrepôt des sucres présentés à la décharge des comptes d'admission temporaire sont constatées au moyen de certificats délivrés par le service des douanes ou par celui des contributions indirectes; ces certificats, détachés d'un registre à souche et transmissibles par voie d'endossement, servent à apurer les obligations souscrites, soit par l'exportateur lui-même, soit par des tiers, à une date antérieure, pourvu que cette date ne remonte pas à deux mois.

Les certificats constatant l'exportation ou la mise en entrepôt de sucres passibles du tarif réduit servent à apurer soit jusqu'à concurrence de la moitié des quantités y énoncées, des obligations garantissant le droit normal de 60 francs, soit poids pour poids, des obligations garantissant le paiement du droit de 30 francs.

Les sucres constitués en entrepôt à la décharge des comptes d'admission temporaire doivent, à leur sortie d'entrepôt, être exportés ou acquittés en numéraire; ils ne peuvent faire l'objet de traites à quatre mois, ni de nouvelles obligations d'admission temporaire.

PRIMES A L'EXPORTATION.

La loi du 7 avril 1897 a accordé aux sucres indigènes ou coloniaux exportés en pays étrangers ou dans les colonies françaises non soumises au tarif douanier métropolitain des primes dont le taux a été fixé comme suit :

	Francs
Sucres bruts d'un titrage de 65 à 98 p. 100 pour les sucres de betteraves, ou de 65 à 97 p. 100 pour les sucres coloniaux français, par 100 kilogrammes de sucre raffiné	3 50
Sucres bruts en grains ou petits cristaux d'un titrage de 98 p. 100 au moins pour les sucres de betteraves, ou de 97 p. 100 au moins, pour les sucres coloniaux, titrage pris avant la déduction de 1 1/2 p. 100 par 100 kilogrammes de sucre raffiné	1 »
(Pour les sucres de cette catégorie, exportés directement de la fabrique et polarisant 99°75 au moins, la prime est calculée sur le poids effectif.)	
Sucres candis, à raison de 107 kilogrammes de sucre raffiné par 100 kilogrammes de candi (poids effectif.)	1 50
Sucres raffinés en pains ou morceaux, parfaitement épurés, durs et secs, par 100 kilogrammes (poids effectif)	1 50
Vergeoises, par 100 kilogrammes de sucre raffiné	4 50
Sucres raffinés en grains ou cristaux titrant au moins 98 p. 100 par 100 kilogrammes de sucre raffiné	1 »

(Lorsque les sucres de cette catégorie polarisent 99°75 au moins, la prime est calculée sur le poids effectif.)

EXERCICE DES FABRIQUES, DES RAFFINERIES ET DES ENTREPÔTS.

La perception des droits est assurée par l'exercice des fabriques, des fabriques-raffineries, des raffineries et des entrepôts.

Ces établissements sont placés sous la surveillance permanente du service des contributions indirectes.

1° *Fabriques.*

L'agencement des usines est soumis à des conditions déterminées.

Les installations du matériel destiné au pesage des betteraves ne peuvent être admises à fonctionner qu'après avoir été agréées par l'administration.

L'appareil de pesage consiste dans une bascule dont les organes essentiels sont mis à l'abri de toute atteinte. Entre les divers organes de cet appareil est établie une relation étroite empêchant toute introduction de betteraves dès que la bascule a reçu sa charge normale. A ces garanties viennent s'ajouter celles résultant d'un mécanisme dit verrou de sûreté, s'opposant d'une manière absolue au déchargement des betteraves tant que la pesée n'a pas été exactement reglée ; de deux compteurs, l'un visible, l'autre opaque dont les indications servent à contrôler celles du premier, actionnés par des organes différents ; du scellement des grillages entourant l'appareil ; de l'établissement d'une cloison isolant de l'appareil de pesage l'ouvrier chargé d'introduire les betteraves sur la bascule et de les diriger, une fois la pesée effectuée, sur le coupe-racines.

Indépendamment des opérations de pesage, le contrôle fiscal s'exerce également sur l'extraction du sucre. A cet effet, les employés surveillent les différentes opérations de la fabrique, notamment le turbinage et les manipulations au magasin, lequel ne peut être ouvert qu'en leur présence.

2° *Fabriques-Raffineries.*

Les fabriques-raffineries, c'est-à-dire les établissements qui raffinent à la fois les produits de leur propre fabrication et ceux qu'ils reçoivent du dehors, sont soumises au même régime que les fabriques.

Les fabricants et les fabricants-raffineurs sont tenus de contribuer, par le paiement d'une redevance de 0 fr. 30 par tonne de betteraves travaillées, aux frais qu'entraîne la surveillance de leurs établissements. (Loi du 4 juillet 1887.)

3° *Raffineries.*

Les raffineries sont soumises à la surveillance permanente. Cette surveillance s'exerce exclusivement à l'entrée et à la sortie des produits reçus ou expédiés par les raffineurs.

Il ne peut être introduit dans les raffineries que des sucres préalablement soumis aux droits ou placés en admission temporaire. Les droits perçus sont définitivement acquis au Trésor, quel que soit le résultat final du raffinage.

L'exercice des raffineries a pour but de reprendre, en vue de les soumettre

à l'impôt, les excédents que les raffineurs pourraient réaliser au-delà du rendement présumé, déterminé dans les conditions définies plus haut, et d'après lequel a été effectuée la liquidation des droits.

A cet effet, le compte du raffineur est chargé du montant des réfactions opérées sur la richesse saccharine des sucres bruts introduits (quatre fois le poids des cendres et deux fois le poids du glucose); il est déchargé des quantités de sucre cristallisable ou incristallisable contenues dans les produits expédiés à l'état de mélasse en nature ou contenues dans les vergeoises. Ce compte est réglé à la fin de chaque semestre.

Si les sorties sont égales ou supérieures aux entrées, le raffineur ne doit rien, la situation du compte démontre que les réfactions n'ont pas été exagérées.

Si les sorties sont inférieures, il est redevable du droit plein, soit 60 francs par 100 kilogrammes sur les quantités qui représentent l'excédent des entrées sur les sorties. Ici la balance des écritures prouve que les réfactions ont été exagérées; le sucre cristallisable auquel elles correspondent ne se retrouvant pas à l'état de sucre cristallisable ou de glucose dans les produits expédiés, on considère qu'il a pu être obtenu à l'état de raffiné et livré comme tel à la consommation.

Les raffineurs payent, pour frais d'exercice, une redevance de 4 centimes par 100 kilogrammes de sucre brut introduit dans leur usine. Cette taxe est restituée à l'exportation des raffinés.

4° *Entrepôts.*

Les sucres étrangers ou coloniaux non libérés d'impôts sont reçus dans les entrepôts réels de douane.

Les sucres indigènes sont reçus dans les entrepôts réels placés sous la surveillance des contributions indirectes. Les entrepôts réels des douanes et ceux des contributions indirectes reçoivent, en outre, les sucres bruts de toute origine, les raffinés et les vergeoises qui sont présentés à la décharge des comptes d'admission temporaire.

Il peut être établi des entrepôts réels de contributions indirectes dans toutes les villes qui en font la demande, en prenant l'engagement de pourvoir à tous les frais.

Le régime de l'entrepôt permet au commerce et à l'industrie de différer l'exportation des sucres ou d'attendre pour acquitter les droits, le moment où le sucre sera livré, soit à la consommation directe, soit au raffinage.

La durée du séjour en entrepôt est limitée à trois ans.

Les dépôts sont suivis à un compte général d'entrées et de sorties. A la sortie des entrepôts, les sucres sont traités comme s'ils arrivaient de l'étranger des colonies ou comme s'il sortaient des fabriques. Toutefois, les produits qui ont été introduits en entrepôt à la décharge des comptes d'admission temporaire doivent, s'ils ne sont pas exportés, être acquittés exclusivement en numéraire.

5° *Dispositions générales.*

Les fabricants de sucre et les raffineurs sont astreints à se munir d'une licence dont le coût est de 125 francs par an.

L'expédition des sucres est soumise à certaines conditions de poids et d'emballage.

Les sucres et autres matières sucrées de toute nature sont assujettis à des formalités de circulation dans un rayon déterminé autour des fabriques.

DROITS SUR LES SUCRES ET DÉRIVÉS DU SUCRE IMPORTÉS DE L'ÉTRANGER.

	Taxe intérieure. Fr.	Taxe de douane. Fr.	Total des taxes. Fr.
Sucres étrangers :			
En poudre dont le rendement présumé au raffinage est de :			
98 p. 100 au moins	60 »	9 »	69 »
plus de 98 p. 100............	60 »	16 »	76 »
Raffinés autres que candis :			
Tarif général..................	60 »	16 »	76 »
Tarif minimum...	60 »	10 »	70 »
Raffinés candis :			
Tarif général.......	64 20	28 80	93 »
— minimum..............	64 20	25 80	90 »

Indépendamment des taxes ci-dessus, les sucres bruts payent :

1° Un droit de fabrication de 1 franc par 100 kilogrammes, s'ils ne vont pas en raffinerie;

2° Une taxe de raffinage de 4 francs par 100 kilogrammes s'ils vont en raffinerie.

Les raffinés et assimilés payent la taxe de raffinage de 4 francs.

Les candis payent la taxe de raffinage à raison de 107 kilogrammes de raffiné par 100 kilogrammes de candis, soit 4 fr. 28 les 100 kilogrammes poids effectif.

	Par 100 kilog. net Francs.
Mélasses autres que pour la distillation :	
Ayant en richesse saccharine 50 p. 100 au moins :	
Tarif général	24 75
— minimum	20 75
Ayant en richesse saccharine plus de 50 p. 100 :	
Tarif général..........................	52 50
— minimum......................	42 90
Sirops, bonbons, fruits confits au sucre :	
Des colonies et possessions françaises...	60 »
— —	4 »
Des pays étrangers :	
Tarif général..........................	76 »
—	4 »
Tarif minimum	70 »
—	4 »

Biscuits sucrés :

Des colonies et possessions françaises...	30	»
— — ...	2	»
Des pays étrangers :		
Tarif général.....................	56	»
—	2	»
Tarif minimum	49	»
—	2	»

Confitures au sucre ou au miel :

Des colonies et possessions françaises...	30	»
— — ...	2	»
Des pays étrangers :		
Tarif général.....................	38	»
—	2	»
Tarif minimum	35	»
—	2	»

Chocolat contenant 55 p. 100 de cacao ou moins :

Tarif général.....................	132	35
— minimum....................	102	25

Lait concentré additionné de sucre :

Tarif général :		
Moins de 50 p. 100 de sucre	46	»
—	2	»
Tarif minimum :		
Moins de 40 p. 100..................	34	»
—	1	60
De 40 p. 100 inclusivement à 50 p. 100 exclusivement	41	»
— —	2	»

DROITS SUR LES SUCRES COLONIAUX.

	Par 100 kilog. net de sucre raffiné Francs.	
Sucres des colonies et possessions françaises :		
Imposables aux droit normal............	60	»
Sucres représentant des excédents de rendement....................	30	»

DROITS SUR LES SUCRES INDIGÈNES.

	Les 100 kilog. net Francs.	
Sucres bruts imposables au droit normal (sucre raffiné)....................	60	»
Sucres raffinés autres que candis (poids effectif)....................	60	»
Sucres raffiné candis (poids effectif).....	64	20
Sucres représentant des excédents de rendement ou le déchet de fabrication (sucre raffiné)....................	30	»

Indépendamment de ces taxes, les sucres payent :

1° Un droit de fabrication de 1 franc par 100 kilogrammes s'ils ne vont pas en raffinerie;

2° Une taxe de raffinage de 4 francs par 100 kilogrammes s'ils vont en raffinerie.

Les raffinés ou assimilés payent la taxe de raffinage à raison de 107 kilogrammes de raffinés pour 107 kilogrammes de candis soit de 4 fr. 28 les 100 kilogrammes net, poids effectif.

PRIMES D'EXPORTATION.

Tarif des primes accordées aux sucres indigènes ou coloniaux exportés en pays étrangers ou dans les colonies françaises non soumises au tarif douanier métropolitain :

	Par 100 kilog. Francs.
Sucres bruts en grains ou petits cristaux d'un titrage de 98 p. 100 au moins pour les sucres de betterave, ou de 97 p, 100 au moins pour les sucres coloniaux, titrage pris avant la déduction du déchet de raffinage (sucre raffiné)...........	11 »

(Les sucres de cette catégorie, imposables et expédiés directement à l'étranger par le fabricant lui-même, lorsqu'ils polariseront 99 75 p. 100 au moins, seront portés pour leur poids en raffiné, sans déduction aucune, au compte de décharge du fabricant.)

	Par 100 kilog. Francs.
Sucres bruts d'un titrage de 65 à 98 p. 100 pour les sucres de betteraves, ou de 65 à 97 p. 100 pour les sucres coloniaux français (sucre raffiné)	3 50
Sucre candis calculés à leur coefficient légal (poids effectif)..................	4 50
Sucres raffinés en pains ou morceaux, parfaitement épurés, durs et secs (poids effectif)...	4 50
Vergeoises, par 100 kilogrammes de sucre raffiné..·.............................	4 50
Sucres raffinés en grains ou cristaux titrant au moins 98 p. 100....................	4 »

(Lorsque les sucres de cette dernière catégorie polariseront 99,75 p. 100 au moins, ils seront considérés comme sucres raffinés purs et leurs certificats d'exportation seront admis à la décharge des obligations d'admission temporaire pour leur poids total, sans aucune déduction.)

2. Lois sucrières en vigueur.

Loi du 7 avril 1897.

Art. 1er. — A partir de la promulgation de la présente loi, des primes dont la quotité est fixée comme il suit sont accordées pour l'exportation en pays étrangers et dans les colonies françaises non soumises au tarif douanier métropolitain :

1° Des sucres indigènes produits depuis le 1er septembre 1896 et déclarés pour l'exportation à partir de la promulgation de la présente loi;

2° Des sucres des colonies françaises embarqués à destination de la France à partir du 1er septembre 1896 et exportés des entrepôts de France à partir de la promulgation de la présente loi;

3° Des sucres et vergeoises imputés à la décharge des soumissions d'admission temporaire souscrites pour des sucres produits en France ou expédiés des colonies françaises à partir du 1er septembre 1896 :

Sucres bruts en grains ou petits cristaux d'un titrage de 98 p. 100 au moins pour les sucres de betterave, ou de 97 p 100 au moins pour les sucres coloniaux, titrage pris avant la déduction du déchet de raffinage, par 100 kilogrammes de sucre raffiné, 4 francs.

(Les sucres de cette catégorie, imposables et expédiés directement à l'étranger par le fabricant lui-même, lorsqu'ils polariseront 99,75 p. 100 au moins, seront portés pour leur poids en raffiné, sans déduction aucune, au compte de décharge du fabricant.)

Sucres bruts d'un titrage de 65 à 98 p. 100 pour les sucres de betterave, ou de 65 à 97 p. 100 pour les sucres coloniaux français, par 100 kilogrammes de sucre raffiné, 3 fr. 50.

Sucres candis calculés à leur coefficient légal, par 100 kilogrammes, poids effectif, 4 fr. 50.

Sucres raffinés en pains ou morceaux parfaitement épurés, durs et secs, par 100 kilogrammes, poids effectif, 4 fr. 50;

Vergeoises, par 100 kilogrammes de sucre raffiné, 4 fr. 50.

Sucres raffinés en grains ou cristaux titrant au moins 98 p. 100, 4 francs.

(Lorsque les sucres de cette dernière catégorie polariseront 99.75 au moins, ils seront considérés comme sucres raffinés purs, et leurs certificats d'exportation seront admis à la décharge des obligations d'admission temporaire pour leur poids total, sans aucune déduction).

Art. 2. — Il est accordé aux sucres des colonies et possessions françaises importés directement en France une détaxe de distance de 2 fr. 25 par 100 kilogrammes de raffiné pour les colonies de l'Atlantique, et de 2 fr. 50 par 100 kilogrammes de raffiné pour les autres colonies.

Cette détaxe n'est attribuée qu'aux sucres de la campagne 1896-1897 embarqués à destination de la France dans un délai maximum de cent vingt jours pour les expéditions faites par voilier des colonies de la mer des Indes et de soixante jours pour les autres, avant la promulgation de la loi. Elle sera allouée sous forme de bons de droits dans les conditions prévues à l'article 8.

Art. 3. — Les sucres bruts provenant des fabriques de la métropole, expédiés des ports français de la mer du Nord et de la Manche, à destination des ports français de l'Atlantique et de la Méditerranée, pour être mis en œuvre dans les raffineries établies dans ces ports, en vue de l'exportation, bénéficieront, à partir de la promulgation de la présente loi, d'une détaxe de 2 francs par 100 kilogrammes, à la condition que ces sucres soient expédiés sous le régime du cabotage du port français d'embarquement au port français de destination. Ils seront dirigés avec acquit-à-caution de mutation d'entrepôt sur la douane de destination où seront souscrites les obligations d'admission temporaire. Ces obligations devront être apurées par l'application de certificats d'exportation dans les conditions déterminées par la législation actuelle, sous peine de la restitution de la détaxe.

La même détaxe de 2 francs sera accordée aux sucres bruts provenant des fabriques de la métropole situées à une distance minima de 250 kilomètres du port où se trouve la raffinerie à laquelle ces sucres seront expédiés directement lorsque ces sucres seront expédiés directement de la fabrique par voie ferrée pour être mis en œuvre, en vue de l'exportation, dans les raffineries des ports français de l'Atlantique et de la Méditerranée.

Elle sera également accordée aux sucres bruts provenant des fabriques de la métropole situées à une distance de plus de 300 kilomètres en ligne droite des raffineries de l'intérieur, lorsque ces sucres seront expédiés directement de la fabrique par voie ferrée ou par canaux, pour être mis en œuvre en vue de l'exportation dans lesdites raffineries.

Art. 4. — A partir de la promulgation de la présente loi il est établi :

1° Un droit de raffinage sur les sucres candis, sucre raffinés parfaitement épurés, durs et secs; sucres raffinés autres, titrant au moins 98 p. 100 et vergeoises, 1 franc pour 100 kilogrammes de raffiné;

2° Un droit de fabrication sur les sucres bruts n'allant pas en raffinerie, 1 franc pour 100 kilogrammes de raffiné.

Sont exempts des droits prévus dans les deux paragraphes ci-dessus les sucres qui sont exportés.

Le droit de raffinage sera perçu à l'entrée des sucres en raffinerie, conformément aux lois en vigueur et dans les conditions qui seront déterminées par le règlement d'administration publique.

Art. 5. — Sont en outre modifiés comme suit les droits de douane des dérivés du sucre énumérés ci-après :

Mélasses autres que pour la distillation, ayant en richesse saccharine 50 p. 100 ou moins

Tarif général	24 75	par 100 kilogrammes.
Tarif minimum	20 75	—

Mélasses autres que pour la distillation ayant en richesse saccharine plus de 50 p. 100 :

Tarif général	52 50	par 100 kilogrammes.
Tarif minimum	42 90	—

Chocolat contenant 55 p. 100 de cacao ou moins :

Tarif général,	132 25	par 100 kilogrammes.
Tarif minimum	102 25	—

Art. 6. — Les surtaxes établies par l'article 4 seront appliquées aux sucres de toute espèce déjà libérés d'impôts, ainsi qu'aux matières en cours de fabrication également libérées d'impôt existant au moment de la promulgation de la présente loi dans les raffineries, fabriques ou magasins, ou dans tous autres lieux en la possession des raffineurs, fabricants, commerçants ou dépositaires. Les quantités seront reprises par voie d'inventaire, après déclaration faite par les détenteurs.

Toute quantité non déclarée donnera lieu au payement, en sus de la surtaxe, d'une amende égale au double de cette surtaxe.

Seront toutefois dispensées de l'inventaire les quantités n'excédant pas 500 kilogrammes en sucre raffiné.

Art. 7. — Les fabricants et raffineurs auront à souscrire des soumissions complémentaires en garantie de la surtaxe édictée par la présente loi, pour les sucres de toute espèce et les matières en cours de fabrication placés sous le régime de l'admission temporaire.

L'apurement de ces soumissions aura lieu dans les conditions appliquées au moment de la mise en vigueur des lois des 31 décembre 1873, 29 juillet 1884 et 29 mai 1887.

A partir de la promulgation de la présente loi, et jusqu'à la fin des opérations d'inventaire prévues par l'article 6, les employés des douanes et des contributions indirectes devront être admis dans les raffineries à toute heure de jour et de nuit. Ils pourront en suivre les opérations et procéder à toute les constatations et vérifications préparatoires qu'ils jugeront nécessaires.

Art. 8. — Pour l'allocation des primes d'exportation édictées par la présente loi, il sera établi des bons de droits, transmissibles par voie d'endossement, qui seront reçues comme numéraire, en apurement des obligations d'admission temporaire de sucres indigènes et coloniaux français. Ces bons, délivrés pour les sucres exportés des fabriques en suspension de l'impôt, seront reçus comme numéraire pour l'acquittement des droits de la régie.

A partir du 1er septembre 1897, il devra être fait emploi de ces bons de droits dans le délai de deux mois à dater de leur délivrance.

Art. 9. — Est ratifié et converti en loi le décret du 26 juillet 1896, portant relèvement des surtaxes afférentes aux sucres étrangers.

Toutefois, à partir de la promulgation de la présente loi, ces surtaxes sont fixées ainsi qu'il suit :

Sucres bruts d'origine européenne ou importés des entrepôts d'Europe, 9 francs (poids effectif, les 100 kilogrammes net);

Sucres raffinés et assimilés autres que candis, tarif général, 16 francs (poids effectif, les 100 kilogrammes net);

Sucres raffinés et assimilés autres que candis, tarif minimum, 10 francs (poids effectif, les 100 kilogrammes net);

Sucres candis, tarif général, 28 fr. 80 (poids effectif, les 100 kilogrammes net);

Sucres candis, tarif minimum, 25 fr. 80 (poids effectif, les 100 kilogrammes net);

Tant que seront allouées les détaxes prévues par les articles 2 et 3 de la présente loi, la surtaxe de 9 francs par 100 kilogrammes (poids effectif) sera

étendue aux sucres en poudre titrant 98 p. 100 ou moins, importés des pays hors d'Europe pour la consommation.

Les taxes de fabrication et de raffinage édictées par l'article 4 de la présente loi sont également applicables à tous les sucres étrangers, dans les mêmes conditions qu'aux sucres indigènes et coloniaux français.

Les sucres coloniaux étrangers jouissent du bénéfice de l'admission temporaire, mais ils sont exclus de la prime d'exportation.

Art. 10. — Les taxes de fabrication et de raffinage édictées par l'article 4 de la présente loi ne sont pas applicables à l'Algérie et à la Corse, et les sucres exportés de ces pays ne bénéficieront pas des dispositions de l'article 1er.

Art. 11. — Si des pays producteurs de sucre de betterave accordant actuellement des primes d'exportation suppriment ou abaissent ces primes, le Gouvernement est autorisé, en l'absence des Chambres, à prendre, par décret, les mêmes mesures, sous réserve de ratification par une loi.

Art. 12. — Dans le cas où le montant des primes allouées pendant une campagne excéderait le produit des taxes de fabrication et de raffinage prévues par la présente loi, le taux des primes sera t, pour la campagne suivante, ramené au chiffre nécessaire pour couvrir le Trésor de son avance, par décret rendu en conseil des ministres et présenté, en forme de projet de loi, aux Chambres, avant la fin de leur session si elles sont assemblées, ou à la session prochaine si elles ne sont pas assemblées.

Art. 14. — A partir du 1er septembre 1897, les bascules servant au pesage des betteraves livrées par le cultivateur devront être munies d'un appareil enregistreur.

Dans chaque fabrique, un ou plusieurs agents de l'Etat seront chargés de vérifier l'exactitude des opérations de pesage et de contrôler les réfactions à opérer en raison de la terre, des racines et du collet, ainsi que la détermination de la densité.

Un décret fixera les conditions du fonctionnement de ce contrôle.

Art. 14. — Un décret portant règlement d'administration publique déterminera toutes les conditions d'application de la présente loi.

Disposition transitoire.

Jusqu'au 1er septembre 1897, les primes d'exportation ne seront allouées immédiatement que jusqu'à concurrence de 50 p. 100.

Au 1er septembre 1897, il sera fait un état des recettes réalisées en vertu de la présente loi, état sur lequel on imputera d'abord le montant des primes payées jusqu'à concurrence de 50 p. 100; le solde sera réparti au prorata entre les ayants droit, en vertu d'un décret rendu en conseil des ministres.

Les sucres de la campagne 1896-1897, qui n'auront pas été exportés à la date du 1er septembre 1897, n'auront droit, pendant la campagne suivante qu'à la moitié des primes d'exportation fixées à l'article 1er.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 7 avril 1897.

FÉLIX FAURE.

LOI DU 14 JUILLET 1897.

Article premier. — Le premier paragraphe du n° 92 du tableau A du tarif général des douanes est modifié ainsi qu'il suit :

MATIÈRE	TARIF	
—	Général.	Minimum.
Mélasses pour la distillation, y compris les eaux d'exosmose....................................	100 kilogr.	
Mélasses des colonies et possessions françaises..	Exemptes.	Exemptes
Mélasses des pays étrangers............ franc.	0 30	0 20
	Par degré de richesse saccharine absolue.	

Art. 2. — Les mélasses étrangères jouiront de l'admission temporaire dans les conditions prévues par l'article 13 de la loi du 11 janvier 1892.

Art. 3. — Seront admises au droit de 0 fr. 10 centimes par degré de richesse saccharimétrique, les mélasses étrangères en cours de route huit jours avant la promulgation de la présente loi, toutes justifications à cet égard devant être fournies à l'Administration des douanes.

Art. 4. — Seront admises en décharge, à raison de 14 p. 100 de leur poids au compte des fabricants qui n'emploieront pas le procédé de l'osmose, les mélasses ayant au moins 44 p. 100 de richesse saccharine absolue, lorsqu'elles seront expédiées en distillerie ou à l'étranger, ou lorsqu'elles seront destinées à des usages agricoles.

Art. 5. — Un décret rendu après avis du comité consultatif des arts et manufactures déterminera les procédés de dénaturation et les conditions d'emploi des mélasses.

Art. 6. — La faculté de mise en entrepôt accordée aux sucres est applicable aux mélasses cotées ainsi qu'il est spécifié à la présente loi.

Art. 7. — Sont abrogées les dispositions de l'article 6 de la loi du 4 juillet 1887 et de la loi du 17 novembre 1894.

Paris, le 14 juillet 1897.

FÉLIX FAURE.

RÈGLEMENT D'ADMINISTRATION PUBLIQUE DU 18 JUILLET 1897.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du président du conseil, ministre de l'Agriculture, des ministres du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, des Colonies et des Finances.

Vu la loi du 7 avril 1897, relative au régime des sucres, et notamment le paragraphe 3 de l'article 4, ainsi conçu :

« Le droit de raffinage sera perçu à l'entrée des sucres en raffinerie, conformément aux lois en vigueur et dans les conditions qui seront déterminées par le règlement d'administration publique »;

Et l'article 14, portant « qu'un règlement d'administration publique déterminera toutes les conditions d'application de la présente loi »;

Le conseil d'État entendu.

Décrète :

TITRE Ier

PRIMES D'EXPORTATION.

Article premier. — Les bons de droits délivrés pour l'allocation des primes d'exportation sont détachés d'un registre à souche. Ils mentionnent, indépendamment du nom du titulaire, la nature et la provenance des sucres, leur titrage, leur poids, la destination, le montant de l'allocation et la date de l'échéance.

Ils font connaître, pour les sucres indigènes, la campagne à laquelle appartiennent les sucres; pour les sucres coloniaux, la date de l'embarquement pour la France.

Art. 2. — Les bons afférents aux sucres indigènes exportés en suspension du payement des droits, sont établis au nom du soumissionnaire de l'acquit-à-caution. Ils lui sont délivrés, après la rentrée de ce dernier titre, par le service des contributions indirectes qui l'a émis.

Les bons sont, toutefois, sur la demande du soumissionnaire de l'acquit-à-caution, délivrés, après la sortie des sucres, au signataire de la déclaration d'exportation par le service des douanes qui a reçu cette déclaration.

Art. 3. — Les bons afférents aux sucres coloniaux exportés des entrepôts de la métropole sont établis au nom du signataire de la déclaration d'exportation. Ils lui sont, après la sortie des sucres, délivrés par le service des douanes qui a reçu cette déclaration.

Art. 4. — Les bons afférents aux sucres et vergeoises imputés à la décharge de soumissions d'admission temporaire sont établis, par le comptable qui a fait l'application du certificat d'exportation ou d'entrée en entrepôt, au nom du titulaire actuel du certificat. Ils sont délivrés, pour les sucres exportés en suite d'une constitution en entrepôt, après la justification de l'application du certificat et de la sortie des sucres, et pour les autres immédiatement après l'application du certificat.

TITRE II

DÉTAXES DE DISTANCE.

Art. 5. — Les bons de droits délivrés pour l'allocation des détaxes de distance sont détachés d'un registre à souche. Ils mentionnent, indépendamment du nom du titulaire, la nature et la provenance des sucres, leur titrage, leur poids, le mode et les conditions du transport, le montant de l'allocation et la date de l'échéance.

Ils font connaître, pour les sucres indigènes expédiés sur les raffineries dans les conditions déterminées aux paragraphes 2 et 3 de l'article 3 de la loi du 7 avril 1897, la distance de la fabrique expéditrice au lieu de destination.

Art. 6. — Les bons de droits délivrés pour l'allocation des détaxes de distance relatives aux sucres coloniaux sont établis, par le service de la douane, au nom de l'auteur de la déclaration, après vérification et, dans le cas de mise à la consommation, après liquidation de l'impôt.

Art. 7. — Les sucres bruts provenant des fabriques de la métropole et expédiés par mer sur les raffineries dans les conditions déterminées au paragraphe 1er de l'article 3 de la loi du 7 avril 1897 sont accompagnés d'un acquit-à-caution délivré par le service des contributions indirectes de la fabrique expéditrice. Ce titre, qui contient toutes les indications nécessaires pour la liquidation éventuelle des droits, est présenté au service de la douane du port d'embarquement, lequel délivre en échange l'acquit-à-caution de mutation d'entrepôt. Ce dernier titre accompagne le chargement jusqu'à la raffinerie où il est déchargé par le service des contributions indirectes qui exerce cet établissement, après qu'il a été justifié de la souscription, entre les mains du receveur principal des douanes dans la circonscription duquel se trouve le port de débarquement, d'une obligation d'admission temporaire.

Art. 8. — Les sucres bruts provenant des fabriques de la métropole et expédiés sur les raffineries dans les conditions déterminées aux paragraphes 2 et 3 de l'article 3 de la loi du 7 avril 1897 sont accompagnées d'un acquit-à-caution délivré par le service des contributions indirectes de la fabrique expéditrice. Cet acquit-à-caution, qui contient toutes les indications nécessaires pour la liquidation éventuelle des droits, est déchargé par le service qui exerce l'établissement destinataire, après qu'il a été justifié de la souscription, entre les mains du receveur principal des contributions indirectes, dans la circonscription duquel se trouve la raffinerie, d'une obligation d'admission temporaire.

Art. 9. — Les bons de droits délivrés dans les conditions prévues aux deux articles qui précèdent sont, après constatation de l'entrée des sucres dans la raffinerie, établis par le comptable qui a reçu la soumission d'admission temporaire, au nom du souscripteur de cette soumission.

Art. 10. — Des tableaux de distance distincts sont établis pour l'application du paragraphe 2 et pour l'application du paragraphe 3 de l'article 3 de la loi du 7 avril 1897. Des exemplaires de ces tableaux sont déposés dans les bureaux des contributions indirectes chargés de liquider les détaxes.

TITRE III

TAXES DE RAFFINAGE ET DE FABRICATION.

Art. 11. — Les certificats d'exportation ou de mise en entrepôt de sucres ou de préparations sucrées sont munis d'un coupon transmissible par endossement et imputable, suivant les cas, à la décharge des comptes spéciaux prévus aux articles 12 et 14.

Art. 12. — Un compte spécial de la taxe de raffinage, réglé mensuellement, est tenu dans les divers établissements industriels qui, produisant ou recevant des sucres bruts, expédient des sucres raffinés ou agglomérés de toutes formes.

Ce compte comprend les sucres bruts introduits pendant le mois, ou, s'il s'agit de fabriques-raffineries, les sucres passibles de la taxe de raffinage enlevés pendant le mois des fabriques et non exportés en suspension du payement des droits.

Le payement est effectué soit en numéraire, soit par l'application des coupons de certificats d'exportation mentionnés à l'article 11.

Art. 13. — A l'égard des sucres passibles de la taxe de raffinage qui, après avoir été placés en entrepôt à la décharge de comptes d'admission temporaire, en sont retirés pour la consommation, la taxe est exigible au moment de leur enlèvement.

Art. 14. — La taxe de fabrication est perçue au moment où les sucres autres que ceux qui seraient expédiés sur les établissements prévus à l'article 12 sont déclarés pour la consommation, le sucrage des vins, cidres ou poirés ou l'admission temporaire.

Les redevables peuvent, en donnant caution, obtenir, pour le règlement de la taxe, l'ouverture d'un compte spécial réglé mensuellement. Ce compte comprend les sucres déclarés pendant le mois pour l'admission temporaire ou pour la consommation, autres que ceux qui ont été expédiés sur les établissements prévus à l'article 12, et les sucres déclarés pour le sucrage des vins, cidres ou poirés.

Le payement est effectué soit en numéraire, soit par l'application des coupons de certificats d'exportation ou de mise en entrepôt mentionnés à l'article 11.

Art. 15. — Les sucres déclarés pour la consommation ou l'admission temporaire qui sont dirigés sur les établissements prévus à l'article 12 sont accompagnés d'un acquit-à-caution garantissant le payement de la taxe pour le cas où l'arrivée des sucres ne serait pas justifiée dans un délai de vingt jours. Cet acquit-à-caution est déchargé par le service des contributions indirectes de l'établissement destinataire.

Art. 16. — A l'égard des sucres placés sous le régime du transit, du transbordement, des mutations d'entrepôt ou de l'admission temporaire pour la fabrication du chocolat, la taxe de fabrication est garantie de plein droit par les soumissions au même titre que le droit de consommation.

Art. 17. — Des décisions concertées entre les départements du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes et des finances, après avis du comité consultatif des arts et manufactures, déterminent les préparations sucrées dont l'exportation ou la mise en entrepôt comporte la décharge de la taxe de raffinage et les conditions auxquelles est subordonnée cette décharge.

TITRE IV

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 18. — Le délai d'emploi des bons de droits ou coupons de certificat prévus au présent décret est fixé à deux mois à compter du jour de leur délivrance.

Art. 19. — Les acquits-à-caution, permis de réexportation et obligations

d'admission temporaire de sucres indigènes ou originaires des colonies françaises mentionnent, pour les premiers, la campagne au cours de laquelle les sucres auxquels ils s'appliquent ont été produits; pour les seconds, la date à laquelle ils ont été expédiés des colonies à destination de la métropole. Les obligations d'admission temporaire souscrites dans les conditions prévues aux articles 7 et 8 mentionnent que, si elles ne sont pas apurées par des exportations de sucres raffinés ou de vergeoises, le montant de la détaxe sera remboursé par le soumissionnaire.

Art. 20. — Les acquits-à-caution qui accompagnent les sucres bruts d'un titrage de 98 p. 100 au moins, expédiés directement à l'étranger par le fabricant lui-même, ainsi que les certificats d'exportation ou d'entrée en entrepôt de sucres raffinés en grains ou cristaux du même titrage, mentionnent le degré polarimétrique des sucres auxquels ils s'appliquent.

TITRE V

DISPOSITIONS TRANSITOIRES

Art. 21. — Les obligations d'admission temporaire souscrites, mais non encore apurées au moment de la promulgation du présent décret, seront complétées par les indications prévues à l'article 19.

Art. 22. — Il sera délivré des bons de demi-primes en conformité de la disposition transitoire de la loi du 7 avril 1897. Ceux de ces bons qui seront alloués avant le 1er septembre 1897 seront munis d'un coupon constatant le droit au complément de prime prévu par la même disposition. Ce coupon devra être détaché du bon et conservé par son titulaire pour être échangé, le cas échéant, à partir du 1er septembre 1897, contre un bon de droit.

Art. 23. — Le président du conseil, ministre de l'Agriculture, les ministres du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, des Colonies et des Finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois.*

Fait à Paris, le 18 juillet 1897.

FÉLIX FAURE.

RÈGLEMENT D'ADMINISTRATION PUBLIQUE DU 23 JUILLET 1897.

Le Président de la République française,

Vu l'article 13 de la loi du 7 avril 1897;

Sur les rapports du ministre des Finances, du ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, et du ministre de l'Agriculture,

Décrète :

Art. 1er. — Le fabricant qui voudra commencer la réception des betteraves devra en faire la déclaration par écrit, huit jours à l'avance, au service des contributions indirectes chargé de l'exercice de son établissement, et, lorsqu'il s'agira de râperies au service de la fabrique centrale. Cette déclaration indiquera le jour et l'heure du commencement des opérations ainsi que le

nombre des appareils de pesage qui seront employés et le lieu où ils sont situés.

La suspension pour une durée de plus de quarante-huit heures, ainsi que la cessation des opérations de pesage, devront également faire l'objet d'une déclaration.

Art. 2. — Les bascules destinées au pesage des betteraves devront être d'une force minima de 10.000 kilogrammes pour le pesage des voitures ordinaires et de 20.000 kilogrammes pour le pesage des wagons. Elles devront être munies d'un appareil enregistreur, agencé de manière à imprimer successivement, sur le même ticket et sur deux lignes suffisamment espacées, le poids des voitures à plein et à vide.

Il ne pourra être fait usage que d'appareils admis au poinçonnement par la commission de métrologie usuelle du bureau national des poids et mesures, dans les conditions prévues par la loi du 4 juillet 1837 et par les règlements rendus pour son exécution.

Chaque année, avant leur mise en activité, les bascules devront être vérifiées par le service des poids et mesures qui contrôlera en même temps l'exactitude de l'appareil enregistreur dont ses bascules devront être munies. Les fabricants devront faciliter les vérifications que les employés des contributions indirectes auront à faire au cours des opérations, en vue de s'assurer du bon fonctionnement des bascules à appareils enregistreurs, ainsi que des balances ou bascules employées pour la détermination de la réfaction. Dans le cas où les employés constateraient que les appareils ne fonctionnent pas régulièrement, ils auraient à en aviser le service des poids et mesures qui procéderait aux vérifications nécessaires. Les fabricants seront tenus de faire réparer et réajuster les appareils, si besoin est, dans un délai de quarante-huit heures. En attendant leur remise en état, la réception des betteraves sera suspendue.

Art. 3. — Les tickets d'enregistrement, d'une dimension minima de 110×45 millimètres seront composés d'un carton et d'une feuille détachable qui, l'un et l'autre, comporteront les indications suivantes : numéro d'ordre, désignation de l'usine, date, nom et domicile du livreur, poids brut, tare, poids net, taux de réfaction, pour déchet et densité.

Lorsque le chargement de betteraves se composera de plusieurs voitures, les tickets afférents à chacune de ces voitures porteront le même numéro d'ordre suivi des lettres A, B, C, etc.

Art. 4. — Pour chaque pesée, le fabricant sera tenu d'inscrire, par ordre de numéros, sur un registre coté et paraphé par le juge de paix, la date de la réception des betteraves, le numéro d'ordre du ticket, les nom et domicile du fournisseur, le poids brut de la voiture, la tare de ladite voiture, le poids net des betteraves, le déchet pour 100 pour la terre et le collet, le montant de la réfaction, la quantité nette de betteraves à payer, enfin la densité de ces betteraves.

Art. 5. — Après le pesage à plein et pendant le déchargement de la ou des voitures, il sera prélevé au hasard, à la fourche ou à la main, suivant la manière dont le déchargement sera opéré, et sur les différentes parties du chargement, la quantité de racines nécessaire pour servir à la détermination du taux de réfaction et à celle de la densité.

Ces betteraves seront placées dans une manne d'osier préalablement tarée à laquelle sera attaché un bulletin portant le nom du livreur et le numéro d'ordre du ticket d'enregistrement.

La voiture vide passera à nouveau sur la bascule et le poids à vide, constituant la tare, sera imprimé sur le ticket par l'appareil enregistreur.

Art. 6. — Le poids brut de la manne d'osier contenant les betteraves sera réglé de façon que, déduction faite de la tare, les betteraves aient un poids de 25 kilogrammes. Le poids exact sera déterminé à l'aide d'une balance à bras égaux ou d'une bascule ordinaire au dixième.

Ces betteraves seront ensuite débarrassées de la terre et des radicelles, par un raclage léger, sans que la racine principale puisse être brisée. Le collet sera coupé à plat, à la naissance des premières feuilles.

Les betteraves seront alors pesées à nouveau dans la même manne et la différence entre les deux pesées donnera un chiffre qui, multiplié par quatre, fixera la quotité pour 100 du déchet qui devra être déduit du chargement.

Ces deux nombres seront inscrits sur le bulletin attaché à la manne. La quotité pour 100 du dechet sera reproduite sur les deux parties du ticket.

Art. 7. — L'essai pour la détermination de la densité se fera sur des betteraves de grosseur différente, prélevées sur celles dont le déchet viendra d'être calculé. La quantité de pulpe nécessaire pour l'expérience sera prise à l'aide d'une râpe spéciale et par sections longitudinales dans les betteraves. Le linge dans lequel sera placé cette pulpe devra avoir été suffisamment égoutté. Le jus extrait à l'aide de la presse restera au repos dans l'éprouvette pendant quinze minutes au moins, avant qu'il soit procédé à la détermination de la densité. Cette densité sera constatée à l'aide de densimètres et de thermomètres poinçonnés; le résultat sera ramené à la température de 15° centigrades en opérant les corrections indiquées à la table insérée à la suite du présent décret. La densité en dixièmes de degré sera immédiatement inscrite sur les deux parties du ticket d'engeristrement.

Les indications du ticket relatives à la réfaction et à la densité seront transcrites sur le registre tenu par le fabricant. La partie en carton du ticket sera remise au livreur des betteraves. Les feuilles détachées seront classées par numéro d'ordre, enliassées par journée et conservées par le fabricant pour être représentées, ainsi que le registre, à toute réquisition des agents préposés au contrôle.

Art. 8. — Les opérations relatives au pesage, au déchet et à la densité auront lieu, de six heures du matin à 7 heures du soir, pendant les mois de septembre et d'octobre, et de sept heures du matin à six heures du soir à partir du mois de novembre. Elles seront interrompues de midi à une heure du soir.

Le contrôle en sera exercé par un ou plusieurs agents des contributions indirectes attachés à l'établissement et désignés, à cet effet, par le directeur. Les fabricants seront tenus de faciliter ce contrôle soit par eux-mêmes, soit par les personnes à leur service, et de fournir tous instruments nécessaires.

Les agents des contributions indirectes veilleront à la régularité des opérations. Ils pourront intervenir lorsqu'ils le jugeront utile ou sur la demande

de l'une des parties, et faire recommencer les opérations sous leur direction.

Si, étant intervenus de leur propre initiative, ils venaient à constater des abus, ils dresseraient aussitôt un procès-verbal administratif qu'ils transmettraient sans délai au directeur ; ce dernier appréciera s'il y a lieu d'adresser ce document au parquet. Si l'intervention a eu lieu à la requête de l'une des parties, les employés dresseront en double expédition un procès-verbal administratif de leurs constatations. Une expédition du procès-verbal sera remise à la partie requérante.

Art. 9. — Les dispositions du présent décret entreront en vigueur le 1er septembre 1897.

Art. 10. — Le ministre des Finances, le ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes et le ministre de l'Agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait au Havre, le 23 juillet 1897.

Félix Faure.

Table des corrections à faire subir à la densité apparente par suite de la température.

Température.	A retrancher du degré régie.	Température.	A ajouter au degré régie.	Température.	A ajouter au degré régie.
0	0,20				
1	0,19	16	0,02	29	0,37
2	0,18	17	0,05	30	0,40
3	0,17	18	0,07	31	0,43
4	0,16	19	0,10	32	0,46
5	0,15	20	0,12	33	0,49
6	0,14	21	0,15	34	0,52
7	0,13	22	0,17	35	0,55
8	0,12	23	0,20	36	0,60
9	0,11	24	0,22	37	0,64
10	0,10	25	0,25	38	0.67
11	0,09	26	0,28	39	0,70
12	0,07	27	0,31	40	0,74
13	0,05	28	0,34		
14	0,02				
15	—				

Soit lu sur le densimètre 1075, ce que l'on énonce 7,5 degré régie.

Soit lu sur le thermomètre 19 degrés centigrades, on cherchera 19 dans la colonne des températures et on verra dans l'autre colonne qu'il faut ajouter 0 degré 1 dixième (degré régie) au résultat trouvé, ce qui donne pour densité du jus :

$$7,5 + 0,1 = 7,6 \text{ (degré régie) ou } 1076,$$

Soit d'autre part trouvé densité 1085, ce que l'on énonce 8,5 à la température de 9 degrés centigrades, la densité corrigée sera :

$$8^o5 - 0,11 = 8,39 \text{ (degré régie) ou } 1083,9$$

Suivant les conventions, s'il s'agit d'achats, on comptera 8,3 ou 8,4 au lieu de 8,39.

DÉCRET DU 17 AOUT 1898.

Le Président de la République française.

Vu l'article 1er de la loi du 7 avril 1897, qui a accordé des primes d'exportation;

1° Aux sucres indigènes produits depuis le 1er septembre 1996 ;

2° Aux sucres des colonies françaises embarqués à destination de la France à partir du 1er septembre 1896;

3° Aux sucres et vergeoises imputés à la décharge des soumissions d'admissions temporaires souscrites pour des sucres produits en France ou expédiés des colonies françaises à partir du 1er septembre 1896;

Vu l'article 12 de ladite loi, lequel est ainsi conçu :

« Dans le cas où le montant des primes allouées pendant une campagne excéderait le produit des taxes de fabrication et de raffinage prévues par la présente loi, le taux des primes serait, pour la campagne suivante, ramené au chiffre nécessaire pour couvrir le Trésor de son avance, par décret rendu en conseil des ministres et présenté, en forme de projet de loi aux Chambres. avant la fin de la session, si elles sont assemblées, ou à la session prochaine si elles ne sont pas assemblées »;

Vu l'artiele 42 de la loi du 29 juin 1897;

Sur le rapport des ministres des Finances, de l'Agriculture, des Colonies, du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes;

De l'avis du Conseil des ministres,

Décrète :

Article premier. — Les primes qui seront allouées aux sucres indigènes ou coloniaux français déclarés à partir du 1er septembre 1898 pour l'exportation en pays étrangers et dans les colonies françaises non soumises au tarif douanier métropolitain sont fixées ainsi qu'il suit :

Sucres bruts en grains ou petits cristaux d'un titrage de 98 p. 100 au moins pour les sucres de betterave ou de 97 p. 100 au moins pour les sucres coloniaux, titrage pris avant la déduction du déchet de raffinage, par 100 kilogrammes de raffiné, 2 fr. 77.

(Les sucres de cette catégorie, imposables et expédiés directement à l'étranger par le fabricant lui-même, lorsqu'ils polariseront 99.75 p. 100 au moins, seront portés pour leur poids en raffiné, sans déduction aucune au compte de décharge du fabricant.)

Sucres bruts d'un titrage de 65 à 98 p. 100 pour les sucres de betterave ou de 65 à 97 p. 100 pour les sucres coloniaux français, par 100 kilogrammes de raffiné 2 fr. 42;

Sucres candis calculés à leur coefficient légal, sucres raffinés en pains ou morceaux parfaitement épurés, durs et secs, par 100 kilogrammes (poids effectif), 3 fr. 11.

Vergeoises, par 100 kilogrammes de sucre raffiné, 3 fr. 11.

Sucres raffinés en grains ou cristaux titrant au moins 98 p. 100; par 100 kilogrammes de raffiné, 2 fr. 77.

(Lorsque les sucres de cette dernière catégorie polariseront 99.75 au moins, ils seront considérés comme sucres raffinés purs et leurs certificats d'exportation seront admis à la décharge des obligations d'admission temporaire pour leur poids total, sans aucune déduction.)

Art. 2. — Les ministres des Finances, de l'Agriculture, des Colonies, du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, sont chargés, chacun en ce qui concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletiu des lois.*

Fait à Paris, le 17 août 1898.

Félix Faure.

Décret du 19 aout 1898.

Le Président de la République française

Sur le rapport du ministre des Finances;

Vu la loi du 7 avril 1897, relative au régime des sucres;

Vu le décret du 18 juillet 1897, rendu pour l'application de cette loi;

Le conseil d'Etat entendu,

Décrète :

Art. 1er. — Les articles 14 et 18 du décret du 18 juillet 1897 sont modifiés ainsi qu'il suit :

« *Art.* 14. — La taxe de fabrication est perçue au moment où les sucres autres que ceux qui seraient expédiés sur les établissements prévus à l'article 12 sont déclarés pour la consommation, le sucrage des vins, cidres ou poirés ou l'admission temporaire.

« Les redevables peuvent, en donnant caution, obtenir pour le règlement de la taxe l'ouverture d'un compte spécial réglé mensuellement. Ce compte comprend les sucres déclarés pendant le mois, pour l'admission temporaire ou pour la consommation, autres que ceux qui ont été expédiés sur les établissements prévus à l'article 12, et les sucres déclarés pour le sucrage des vins, cidres ou poirés.

« Le payement doit être effectué au plus tard à la fin du mois qui suit l'inscription au compte, soit en numéraire, soit par l'application des coupons de certificats d'exportation ou de mise en entrepôt mentionnés à l'article 11.

« *Art.* 18. – Le délai d'emploi des bons de droits et des coupons de certificats prévus au présent décret est fixé à deux mois à compter du jour de leur délivrance.

« Les coupons de certificats servant à la décharge de la taxe de fabrication peuvent, dans le délai ci-dessus indiqué, être inscrits au compte prévu à l'article 14, pour être affectés, jusqu'à la clôture des opérations de la campagne, au payement des taxes de fabrication qui deviendaient exigibles. Les coupons déposés et non employés à la clôture de la campagne sont annulés ».

Art. 2. — Le ministre des Finances est chargé de l'exécution du présendécret qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois.*

Fait au Havre, le 19 août 1898.

Felix Faure.

Décret du 3 novembre 1898.

Le Président de la République française,

Vu les articles 4 et 5 de la loi du 14 juillet 1897, ainsi conçus :

Seront admises à décharge, à raison de 14 p. 100 de leur poids, au compte des fabricants qui n'emploieront pas le procédé de l'osmose, les mélasses ayant au moins 44 p. 100 de richesse saccharine absolue, lorsqu'elle seront expédiées en distillerie ou à l'étranger ou lorsqu'elles seront destinées à des usages agricoles.

« Un décret rendu après avis du comité consultatif des arts et manufactures déterminera les procédés de dénaturation et les conditions d'emploi des mélasses » ;

Vu l'avis du comité consultatif des arts et manufactures en date du 9 février 1898 ;

Sur le rapport du ministre des Finances,

Décrète :

Article premier. — Tout fabricant de sucre qui voudra dénaturer des mélasses pour les usages agricoles adressera à l'administration des contributions indirectes une demande spécifiant :

1° Le procédé proposé pour la dénaturation des mélasses;

2° L'usage auquel le produit obtenu est destiné.

Art. 2. — Les usages agricoles auxquels peuvent être destinées les mélasses admises au bénéfice de la décharge de 14 p. 100 sous la condition d'une dénaturation préalable sont désignés au tableau annexé au présent décret. lequel spécifie les procédés de dénaturation jusqu'à présent autorisés.

Art. 3. — Les modifications ou additions que le tableau ci-dessus mentionné pourrait comporter seront réalisées par décret rendu après avis du comité consultatif des arts et manufactures.

Toutefois, le ministre des Finances pourra, après avis dudit comité, autoriser, à titre d'essai, l'emploi de procédés nouveaux. L'autorisation ne pourra être donnée que pour un temps qui n'excédera pas une année.

Art. 4. — Tout fabricant autorisé qui voudra procéder à la dénaturation des mélasses devra en informer, quarante-huit heures à l'avance au moins, le service des contributions indirectes attaché à son établissement, par une déclaration indiquant :

1° La quantité de mélasse à dénaturer;

2° Le procédé de dénaturation qui sera employé;

3° Le jour et l'heure de l'opération.

La dénaturation doit avoir lieu en présence du service. Elle sera opérée aux frais et par les soins des intéressés.

Art. 5. — L'expédition des mélasses dénaturées ne pourra avoir lieu que sous le lien d'un acquit-à-caution délivré par le service de la fabrique expéditrice. Ce titre de mouvement, qui garantira le droit de 60 francs par 100 kilogrammes sur la quantité de sucre représentée par la mélasse dénaturée, devra énoncer :

1° Le poids de la mélasse contenue dans le produit expédié ;

2° Le poids et la nature du produit auquel la mélasse a été incorporée;

3° Le poids total du mélange;

4° La forme sous laquelle se trouvait le mélange au moment de l'enlèvement (galettes, tourteaux ou masse non comprimée) et le nombre des tourteaux, pains, galettes ou récipients;

5° La quantité de sucre exprimée en raffiné à imposer, en cas de non-décharge de l'acquit-à-caution.

Art. 6. — La déclaration d'expédition des mélasses dénaturées doit être accompagnée de la demande du cultivateur ou éleveur auquel elles sont destinées.

Si les mélasses doivent servir à l'alimentation du bétail, la demande mentionnera le nombre des animaux de chacune des espèces, bovine, ovine et porcine, attachés à l'exploitation agricole et auxquels le produit est destiné, ainsi que le poids des produits renfermant la mélasse dénaturée qui sera distribuée aux animaux par tête et par jour.

Les demandes des apiculteurs devront indiquer le nombre des ruches qu'ils possèdent.

Les demandes d'expédition de bouillies cupriques devront spécifier la surface à traiter et la nature des cultures (vignes, pommes de terre, tomate, etc.) auxquelles elles seront appliquées.

Toutes ces demandes devront être visées par le maire de la commune du lieu d'emploi et seront annexées à l'acquit-à-caution délivré pour légitimer le déplacement des mélasses dénaturées.

Art. 7. — Le compte du fabricant de sucre sera déchargé à raison de 14 p. 100 du poids des mélasses ayant au moins 44 p. 100 de richesse saccharine absolue et livrées aux usages agricoles. Mais cet industriel devra représenter dans les deux mois de l'expédition, un certificat de décharge délivré par le service du lieu de destination des mélasses dénaturées, sous peine d'avoir à payer le droit sur le sucre que représente la mélasse dénaturée. Ce certificat ne sera délivré qu'après que le service aura pu constater l'identité du chargement et s'assurer que les indications portées à la demande spécifiée à l'article précédent sont conformes à la réalité.

Les cultivateurs ou éleveurs qui se seraient rendus coupables de fraude dans l'emploi de la mélasse dénaturée seront privés, pour l'avenir, de la faculté de recevoir ce produit.

Art. 8. — Le ministre des Finances est chargé de l'exécution du présent décret qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois.*

Fait à Paris, le 3 novembre 1898.

FÉLIX FAURE.

Tableau des usages agricoles pour lesquels la dénaturation des mélasses est admise et des procédés de dénaturalion autorisés.

Désignation des usages		Procédé de dénaturation.
Alimentation du bétail.	Choix entre un ou l'autre des deux procédés ci-contre à employer en présence du service dans l'établissement expéditeur des mélasses dénaturées...	1° Incorporation de la mélasse, soit à des farines de céréales, soit aux bas produits de la mouture, soit à des tourteaux de graines oléagineuses : la proportion de mélasse ne dépassera pas 50 p. 100 du poids du produit dénaturé et la proportion du sucre y contenue ne dépassera pas 22 p. 100 de ce poids. Les produits dénaturés seront transformés en galettes ou tourteaux parfaitement secs ; 2° Incorporation de la mélasse à des fourrages humide (pulpes, cossettes de sucrerie et de distillerie de betteraves, pulpes de fécules, drèches égouttées de distilleries de grains ou de brasseries). La proportion de mélasse ne dépassera pas 10 p. 100 du poids du produit dénaturé et la proportion de sucre ne dépassera pas 45 p. 100 de ce poids.
Nourriture des abeilles.		Mêmes procédés que pour l'alimentation du bétail.
Préparation de bouillies cupriques pour le traitement des maladies de la vigne, des pommes de terre, etc.		Addition à la mélasse de 10 p. 100 de sulfate de cuivre. Les opérations ont lieu en présence du service dans l'établissement expéditeur de la mélasse dénaturée.

Vu pour être annexé au décret en date du 3 novembre 1898.

Le ministre des Finances
P. PEYTRAL.

DÉCRET DU 8 JUIN 1899.

Le Président de la République française.
Vu l'article 4 de la loi du 14 juillet 1897;
Vu le décret du 3 novembre 1898 ;
Sur le rapport du ministre des Finances,

Décrète :

Art. 1er. — L'article 1er du décret du 3 novembre 1898 est complété ainsi qu'il suit :

« L'établissement de dépôts spéciaux de mélasses destinées aux usages agricoles peut être autorisé par l'administralion des contributions indirectes, dans les localités où il existe un poste d'agents de cette administration. Les dépôts sont soumis à la surveillance du service des contributions indirectes. Les dépositaires doivent fournir une caution agréée par l'administration. Les diverses dispositions du présent décret leur sont applicables.

Art. 2. — Le paragraphe 2 de l'article 6 du même décret est modifié ainsi qu'il suit :

« Si les mélasses doivent servir à l'alimentation du bétail, la demande mentionnera le nombre des animaux de chacune des espèces bovine, ovine ou porcine, attachés à l'exploitation agricole et auxquels le produit est destiné. »

Art. 3. — Le ministre des Finances est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois.*

Fait à Paris, le 8 juin 1899.

Émile Loubet.

Décret du 10 aout 1899.

Art. 1er. — Les primes qui seront allouées aux sucres indigènes ou coloniaux français déclarés, à partir du 1er septembre 1899, pour l'exportation en pays étrangers et dans les colonies françaises non soumises au tarif douanier métropolitain sont fixées ainsi qu'il suit :

Sucres bruts en grains ou petits cristaux d'un titrage de 98 p. 100 au moins pour les sucres de betterave, ou de 97 p. 100 au moins pour les sucres coloniaux, titrage pris avant la déduction du déchet de raffinage, par 100 kilogrammes de raffiné, 3 fr. 16.

(Les sucres de cette catégorie, imposables et expédiés directement à l'étranger par le fabricant lui-même, lorsqu'ils polariseront 99,75 p. 100 au moins, seront portés pour leur poids en raffiné, sans déduction aucune au compte de décharge du fabricant) ;

Sucres bruts d'un titrage de 65 à 98 p. 100 pour les sucres de betterave, ou de 65 à 97 p. 100 pour les sucres coloniaux français, par 100 kilogrammes de raffiné, 2 fr. 76 ;

Sucres candis calculés à leur coefficient légal, sucres raffinés en pains ou morceaux parfaitement épurés, durs ou secs, par 100 kilogrammes (poids effectif), 3 fr. 55.

Vergeoises, par 100 kilogrammes de sucre raffiné, 3 fr. 55 ;

Sucres raffinés en grains ou cristaux titrant au moins 98 p. 100, par 100 kilogrammes de raffiné, 3 fr. 16.

(Lorsque les sucres de cette dernière catégorie polariseront 99,75 au moins, ils seront considérés comme sucres raffinés purs et leurs certificats d'exportation seront admis à la décharge des obligations d'admission temporaire pour leur poids total, sans aucune déduction.) (Voir d'autre part.)

Art. 2. — Les ministres des Finances, de l'Agriculture, des Colonies, du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois.*

Fait à Rambouillet, le 10 août 1899.

Émile Loubet.

3. Conditions du marché des sucres roux indigènes appliquées depuis le 1er novembre 1897.

Par l'entremise de M ....
courtier de commerce à ....
M. ....
.... vend .... à
M ....
qui accepte :
La quantité de ....
sacs sucre brut indigène de ....fabrication ....18 ....18 ....au
prix de ....
les cent kilos et quatre-vingt-huit degrés saccharimétriques nets.
Les livraisons auront lieu comme suit :
.... sacs en ....
.... sacs en ....
.... sacs en ....
.... sacs en ....
Les sucres rendus franco à ....

CONDITIONS GÉNÉRALES

Rendement. — Le rendement sera déterminé en déduisant du sucre cristallisable, quatre fois le poids des cendres et deux fois le poids de l'incristallisable qui ne devra pas dépasser un quart de degré. De ce rendement, compté sans fractions de degré, il sera déduit 1 1/2 p. 100 à titre de déchet, et le résultat ainsi obtenu, sans nouvelle déduction de fractions, sera le titrage commercial sur lequel les factures seront établies.

Prix des degrés. — Chaque degré ou fraction de degré, en moins de 88 degrés, sera réduit à raison de 30 centimes par degré, et chaque degré ou fraction de degré au-dessus de 88 degrés sera bonifié à raison de 25 centimes par degré.

Limites de rendement. — Les degrés au-dessous de **96** degrés, pour les sucres de premier jet, et les degrés au-dessus de **94**, pour les autres sucres, ne seront pas comptés. Il ne pourra pas être livré de sucre d'un rendement inférieur à **65** degrés. Ces limites extrêmes s'entendent sans la déduction du déchet de 1 1/2 p. 100.

Paiement. — Le paiement aura lieu au comptant avec escompte de 1/4 p. 100 contre remise des récépissés, ou à quinze jours sans escompte au choix du vendeur.

Reconnaissances et livraisons. — Les reconnaissances seront faites par les soins réunis du vendeur et de l'acheteur. Les livraisons auront lieu par lots de 100 sacs au minimum dans la même fabrique. Il ne sera fait qu'un échantillon pour chaque lot.

Qualité. — Les sucres devront être d'une homogénéité parfaite, et il ne devra pas y avoir de mélange de blanc et de roux, ni de roux de différentes

nuances. Il ne pourra être livré, ni seul, ni en mélange, aucun sucre extrait de mélasse par un procédé quelconque, sans entente préalable à ce sujet.

Sacs. — Les sucres seront logés dans des toiles de bonne qualité, dont le poids ne devra pas être inférieur à 800 grammes, ni supérieur à 900 grammes avant emplissage.

Poids. — Chaque sac devra peser brut cent un kilos et sera facturé pour cent kilos nets.

Manquants. — Les manquants seront déduits à la valeur acquittée (c'est-à-dire droit de consommation et taxe de raffinage compris) d'après le rendement légal de l'acquit, que ces manquants soient constatés par épreuves ou par pesage intégral, si le poids de l'acquit n'est pas rectifié par la Régie pour le paiement des droits.

Excédents. — Les excédents seront bonifiés à la valeur entrepôt (c'est-à-dire sans tenir compte des droits), et seulement quand le vendeur en justifiera par un pesage intégral du lot. Les excédents constatés simplement par épreuves ne seront pas bonifiés.

Sucres dits indemnes. — Tous les sucres sont achetés base des 88 degrés, valeur entrepôt. Pour les sucres dits indemnes, le sucre sera d'abord facturé au prix d'entrepôt, d'après le rendement commercial. On ajoutera à la facture les droits d'après le rendement légal de l'acquit, compté sans fractions et avec déduction du déchet de 1 1/2 p. 100, à raison de 26 francs les 100 kilogrammes et 88 degrés nets. Les degrés en plus ou en moins de 88 degrés seront calculés, pour le droit, à raison de 30 centimes le degré.

Sucres complétement libérés. — Les sucres complétement libérés ne seront pas admis en livraison.

Sucres réintégrés. — Les sucres réintégrés en entrepôt subiront une réduction de prix de 50 centimes par 100 kilogrammes nets.

Rendement de régie. — Pour les sucres imposables et pour les sucres indemnes, si le rendement présumé au raffinage obtenu par l'Administration est supérieur au rendement facturé, ces deux résultats comparés avant la déduction du déchet de 1 1/2 p. 100, en négligeant les fractions de part et d'autre, le vendeur tiendra compte à l'acheteur du montant du droit complet de soixante francs, plus la taxe de raffinage de quatre fois, par 100 kilogrammes, sur les degrés entiers formant la différence entre ces deux rendements.

Matières organiques. — Il sera, en outre, déduit du montant de la facture, une réfaction pour les matières organiques portées aux analyses sous les rubriques : inconnu, matières végétales, non dosé, reste, etc., calculée comme suit par 100 kilogrammes nets : deux fois les matières organiques, fractions comptées au prix de 60 centimes le degré.

Titrage. — Les analyses seront faites par deux chimistes publics désignés par les parties. Si la différence entre leurs rendements n'est pas supérieure à un degré, et si les dosages des matières organiques ne s'écartent pas de plus d'un demi-degré, il y aura accord; on prendra la moyenne des rendements comme base du rendement commercial, et la moyenne des deux quantités de matières organiques comme base de la réfaction.

Départages. — S'il y a désaccord sur l'un ou l'autre de ces points ou sur les deux en même temps, on prendra un troisième chimiste public tiers

arbitre, choisi ou tiré au sort parmi les chimistes départageurs désignés par la Compagnie des analyses, et on adoptera comme bases les moyennes entre les deux analyses qui se rapprocheront le plus l'une de l'autre, soit pour le rendement, soit pour le dosage des matières organiques, étant entendu que le point sur lequel les deux premières analyses se seront trouvées d'accord restera définitivement acquis.

Analyses. — Toutes les analyses seront faites au polarimètre sur le poids du sucre adopté par l'Administration dans ses laboratoires, en dosant les cendres totales solubles et insolubles.

Frais d'analyses. — Toutes les fois qu'il y aura lieu à départage sur le rendement, les frais des trois analyses seront à la charge de la partie dont l'analyse sera écartée.

Lorsque le départage aura lieu sur l'inconnu, le paiement des trois analyses ne sera supporté par celui qui succombera que dans le cas où le chiffre de l'inconnu, donné par l'analyse du départageur, différera de plus de 0 fr. 30 du chiffre de l'inconnu donné par l'analyse écartée. Si la différence est de 0 fr. 50 ou inférieure à 0 fr. 50, les frais d'analyses seront supportés par moitié par chacune des deux parties. Dans le cas de départage sur le rendement et sur l'inconnu en même temps, les frais d'analyses seront supportés par la partie dont l'analyse aura été écartée pour le rendement. Les analyses seront comptées 10 francs par départage. Elles seront mises au compte du raffineur et l'application sera faite en facture à qui de droit.

Petits lots. — Quant les lots présentés en livraisons seront inférieurs à 100 sacs, les frais de toutes les analyses seront uniquement supportés par le livreur.

Fait double à..

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

Chapitre premier. — GÉNÉRALITÉS

Chap. II. — EXTRACTION DU SUCRE DE LA BETTERAVE

Chap. III. — ÉPURATION DES JUS

Chap. IV. — EVAPORATION

CHAP. V. — CUITE, TURBINAGE ET TRAVAIL DES BAS PRODUITS

CHAP. VI. TRAITEMENT DES BAS PRODUITS

CHAP. VII. — GÉNÉRATEURS ET MOTEURS

CHAP. VIII. — LÉGISLATION FRANÇAISE

Description d'un Laboratoire d'analyse pour la reproduction de la graine de betterave (1)

Peu d'industries agricoles demandent plus de soins délicats et de longs ravaux que celle de la production de la graine de betterave sucrière.

C'est qu'en effet, la concurrence effrénée qui existe entre les différents pays producteurs de sucre impose à nos industriels la recherche d'une diminution constante dans le prix de revient du produit fabriqué, et les oblige en conséquence à n'accepter qu'une matière première à la fois très riche et rémunératrice pour la culture.

Nous disions que la production de la graine exige des soins délicats et de longs travaux : si nous partons d'une betterave de choix, prise comme type, quatre ans se seront écoulés avant que le producteur débutant puisse livrer à la culture et à la fabrique le premier kilogramme de marchandise.

Voici, à titre d'exemple, le détail des opérations de la sélection, telles qu'elles se pratiquent chez M. Simon-Legrand, un de nos plus importants producteurs, à Vivaise, près Laon (Aisne).

Le laboratoire est parfaitement compris pour obtenir, par des manipulations simples et rapides, des résultats précis et de toute garantie.

Les betteraves destinées à la reproduction sont toutes analysées indistinctement par la méthode Pellet (digestion aqueuse à froid), qui repose sur la dissolution dans l'eau du sucre contenu dans un poids donné de râpure fine et dans l'examen au polarimètre de la solution claire obtenue.

Les racines, amenées dans un magasin d'attente contigu au laboratoire, subissent tout d'abord un triage rigoureux, afin d'écarter toutes celles qui manifestent une tendance à dégénérer : cette sélection physique est faite par des ouvriers habiles et expérimentés.

Ajoutons que cette sélection physique est opérée au cours des travaux, chaque fois que l'occasion s'en présente.

Les betteraves triées amenées au laboratoire sont perforées au moyen d'un oret-râpe de Keil (2), puis placées dans une série de casiers numérotés de 1 à 288. Ces casiers sont disposés sur un tourniquet de forme hexagonale, à raison de 48 par panneau.

La foret-râpe qui tourne avec une rapidité considérable (1.200 tours environ par minute), se compose essentiellement d'une petite râpe conique percée d'ouvertures longitudinales et munie d'une tige terminée par un piston : le tout est fixé par une fermeture à baïonnette sur la tige creuse du cylindre constituant le corps de l'appareil.

(1) Extrait des *Annales de la Revue Agricole, Industrielle, Historique et Artistique de la Société d'Agriculture, Sciences et Arts de l'Arrondissement de Valenciennes*, 49e année, t. XLVII, nos 5 et 6, mai et juin 1897.

(2) En vue d'obtenir l'échantillon nécessaire à l'analyse.

II

La betterave présentée au foret donne une pulpe très fine, qui pénètre par les ouvertures et remplit l'espace limité par le piston ; la betterave étant perforée, on retire le cône qui entraîne la râpure.

L'échantillon doit représenter la richesse moyenne de la racine : il importe moins toutefois d'obtenir la richesse absolue que des résulats absolument comparables, ce que l'on obtient en procédant d'une manière uniforme : le point où il convient de percer la betterave est variable d'ailleurs, suivant la conformation de cette dernière, et suivant les chimistes qui se sont occupés de cette question, la ligne de richesse moyenne peut occuper des positions bien différentes.

La râpure de chacune des racines est reçue dans un godet de verre ; signalons le dispositif ingénieux adopté pour éviter toute confusion dans la suite des manipulations auxquelles les nombreux échantillons prélevés vont être soumis.

Il consiste en une série de 48 supports en bois,présentant chacun 6 alvéoles ; ces alvéoles sont numérotées de 1 à 288 et l'échantillon que chacune d'elles renferme, correspond toujours au numéro du casier du tourniquet où est placée la betterave soumise à l'analyse : la section de ces alvéoles est telle que l'on peut y déposer successivement le godet à râpure, une capsule métallique, un ballon de 50 cc., un verre.

Quatre personnes sont continuellement occupées aux pesées : on met dans chaque capsule le quart du poids normal, c'est-à-dire 4 gr. 07 de râpure. Le contenu d'une capsule est vidé dans un ballon de 50 cc. à l'aide d'un jet d'eau additionnée de sous-acétate de plomb : immédiatement après cette opération, un ouvrier nettoie la capsule, la flambe et la remet au poste des balances.

Les ballons jaugés à 50 cc. sont laissés en digestion pendant une demi-heure environ, les supports contenant alors ces ballons sont placés sur la table de filtration où il existe 8 batteries de 6 filtres : là encore, pour éviter toute confusion, des dispositions spéciales sont prises pour que les supports ne soient pas mélangés.

Les jus filtrés et clairs contenant une quantité de sucre proportionnelle à celle que contient la betterave, sont alors examinés au saccharimètre Laurent.

Les essais saccharimétriques sont basés sur l'action exercée par les solutions sucrées sur la lumière polarisée, cette action étant proportionnelle à la quantité de sucre contenu dans la dissolution, l'est également à la quantité de sucre contenu dans un poids donné de betterave. Les jus sont examinés successivement dans un tube de 40 cm. de longueur, dont le remplissage s'opère très rapidement, grâce à une disposition particulière due à M. Pellet, et consistant dans l'adjonction aux extrémités du tube, de deux tubulures munies de caoutchouc formant syphon.

Le poids de râpure, le volume de la dissolution, la longueur du tube et la graduation de l'appareil, sont combinés de façon que l'opérateur obtienne par une simple lecture la quantité de sucre directement contenue dans 100 grammes de betteraves.

Deux chimistes, employés à tour de rôle, font 96 polarisations successives :

un aide verse le contenu de chaque verre dans le tube en appelant les numéros : le chimiste inscrit le résultat trouvé sur une feuille disposée pour 96 analyses, ce qui correspond aux betteraves de deux panneaux du tourniquet. On arrive ainsi, dans ce laboratoire, au chiffre respectable de 5.000 analyses par jour.

Le chimiste qui a terminé une série de 96 polarisations se rend avec la feuille des résultats devant le tourniquet aux betteraves, fait retirer les racines des casiers et classe celles-ci selon leur richesse : comme contrôle, et au fur et à mesure que le chimiste appelle les résultats, l'ouvrier, en retirant successivement les betteraves des casiers, en appelle le numéro d'ordre, qui doit correspondre sur la feuille du chimiste, au chiffre placé en regard du résultat : ajoutons que la vérification du travail est faite par un chimiste étranger au laboratoire, dont les essais portent sur les betteraves qui ont été analysées, afin de comparer les résultats obtenus de part et d'autre.

Un type uniforme et la réduction des collets en vue d'augmenter le plus possible le poids de la betteraves, eu égard cependant à la richesse, est surtout le but poursuivi à Vivaise.

Pour un travail quotidien de 5.000 analyses, le laboratoire de Vivaise compte comme personnel : un surveillant, un homme pour le transport des betteraves, deux pour la prise des essais, quatre personnes pour les essais, deux pour le jaugeage des ballons, deux pour le nettoyage des capsules, deux pour la filtration, deux chimistes et un aide pour la polarisation, un homme pour la classification des betteraves mères, et deux personnes pour les nettoyages divers, au total vingt personnes occupées dix heures.

G. GRAS et H. GALLONDE.

LABORATOIRE DE CHIMIE AGRICOLE & INDUSTRIELLE

Fondé en 1879

L. DEFEZ
A. DEBRAISNE
Successeur
RUE DES ÉCOLES
A LAON-GARE
(Aisne)

Laon, le 24 Mai 1899.

Bulletin d'Analyse

DE BETTERAVES

Échantillon remis par M. J. SIMON-LEGRAND, Agriculteur à Vivaise.

Nombre de Racines 6
Poids Moyen (racines non décolletées) . . . 0k 425

Cent Kilos contiennent :		Un Hectolitre de ce Jus contient :	
Sucre cristallisable (Méthode Pellet)	14k 450	*Sucre cristallisable*	17k 445
Sucre incristallisable	0 225	*Sucre incristallisable*	0 340
Cendres alcalines	0 795	*Cendres sulfatées corrigées* .	0 535
Matières organiques . . .	7 800	*Matières organiques*	1 860
Eau	76 730	*Eau*	87 320
	100k 000	*Poids de l'Hectolitre*	107k 500
Litres de jus contenus dans 100 kilos de betteraves . .	82lit 83	*Degré de pureté du Jus* . . .	86 44
Degré du jus à + 15° centigr.	7° 6	*Coefficient salin*	32 60

Signé : A. DEBRAISNE.

LABORATOIRE DE CHIMIE, FONDÉ EN 1868

18, Rue de Baudreuil, à St-QUENTIN (Aisne)

A. VIVIEN

Expert-Chimiste

Officier d'Académie

Chevalier du Mérite Agricole

Saint-Quentin, 24 Mai 1899.

Certificat d'Analyses

BETTERAVES

Échantillon envoyé par M. J. SIMON-LEGRAND, à Vivaise

Nombre de Racines . . .	*Pivotantes. . . . . . .*	5
	Racineuses	0
Poids Moyen		0^{k} 400

Cent Kilos contiennent :		**Composition du Jus par Hectolitre**	
Sucre (dosage direct)	14^{k}50	*Sucre . . . .*	17^{k}08
Glucose	0 29	*Glucose . . . .*	0 50
Matières organiques diverses.	7 53	*Cendres . . . .*	0 58
Matières minérales (cendres alcalines)	0 84	*Matières organiques diverses.*	2 80
Eau	76 84	*Eau . . . .*	87 04
	100^{k}00	*Poids de l'Hectolitre*	108^{k}00
Proportion de Jus en volume.	84^{lit}88		
Proportion de Jus en poids .	91^{k} 67	*Acidité (exprimée en SO^4H^2).*	0 11
Rendement en Sucre raffiné $^0/_0$ kilos.	10 39	*Quotient de pureté (Vivien) .*	81 46
Densité du Jus à 15° c . . .	8° 00	*Quotient salin . . . .*	29 20

Signé : VIVIEN.

LABORATOIRE DE CHIMIE

INDUSTRIELLE & AGRICOLE



Paul WIDIEZ

Chimiste-Expert Agréé

Place des Wantiers, 5, et Rue Nlle-Hollande

(près la Grand'Place)

A VALENCIENNES



Valenciennes, le 24 Mai 1899.

Bulletin d'Analyse

DE BETTERAVES

Monsieur J. SIMON-LEGRAND,
Ferme de Vivaise, par Besny-et-Loizy (Aisne).

J'ai l'honneur de vous remettre ci-dessous, le résultat de l'analyse de Betteraves, que vous m'avez confiée le 20 Mai 1899.

Étiquette : **Envoi de M. J. SIMON-LEGRAND,** *Six Betteraves.*

Cet Échantillon contient :

Densité à + 15° T.	6°8	
Sucre cristallisable par hectolitre de Jus	14 70	Méthode indirecte
» » *par 100 grammes de Jus* . .	13 83	Méthode indirecte
Sucre cristallisable par 100 kilos de betteraves. .	13 50	Méthode directe Pellet.
Cendres sulfatées	0 783	
Matière sèche réelle par dessication à l'étuve. . .	17 50	

Remarques :

Poids moyen de la racine	0k 400
Quotient de pureté réel	84 00
Coefficient salin	18 77

Betteraves de belle forme, pivotantes, de conservation parfaite ayant une richesse saccharine en rapport exacte avec la densité.

Signé : Paul WIDIEZ.

LABORATOIRE DE CHIMIE

POUR LE COMMERCE, L'INDUSTRIE ET L'AGRICULTURE

E. DURIN

67 — Rue de Richelieu — 67

PARIS

Paris, le 25 Mai 1899.

Bulletin d'Analyse

N° 14,769

Échantillon de Quatre Betteraves, remis par M. J. SIMON-LEGRAND.

Poids des 4 Betteraves. . . 1,660 *grammes*
Poids moyen . . . . 415 »

RÉSULTATS :

Densité du Jus : 1,072 à 15° Température

	Volume du Jus	Poids du Jus	Poids de Betteraves
Sucre . . .	15 18	14 16	13 17
Glucose. . .	0 31	0 29	0 27
Cendres . .	0 50	0 47	0 44
Eau	89 57	83 55	77 71
Inconnu . .	1 64	1 53	1 41
	107 20	100 00	93 00

Coefficient salin. 30 36
Coefficient organique. 7 88
Quotient de Pureté. 0 861
Valeur proportionnelle 12 19

Signé : E. DURIN.

DÉPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS

STATION AGRONOMIQUE

Rue Saint-Nicaise

Directeur :

M. PAGNOUL

9, Rue du Jeu-de-Paume

ARRAS

4e Série
Numéro 7,824

Arras, 26 Mai 1899.

Échantillon de BETTERAVES remis le 22 Mai, par M. SIMON-LEGRAND, Ferme de Vivaise, par Laon (Aisne).

Marque : 5 Racines ayant passé l'hiver en silo

Poids moyen . . . . 383 *gr.*

Densité du Jus à 15° . . . 7° 8

Sucre au Décilitre de Jus	(A)	17 17
Sucre pour 100 grammes de ce Jus		15 92
Sucre pour 100 de Betterave (Analyse Directe)	(B)	14 85
Coefficient pour passer de A à B		93 23
Pureté apparente		83 00
Pureté réelle		85 00
Sec pour 100 de Betterave		22 90
D'où Eau		77 10
Insoluble pour 100 de Betterave		5 95
D'où Jus total		94 05
Azote pour 100 de Sec		0 98
Ou pour 100 de non desséché		0 224
Ou en Matières Azotées		1 400

Signé : M. PAGNOUL.

Expériences faites en Angleterre avec les graines Simon-Legrand.

Analyses de MM. H. Tate et Sons, raffineurs.

Numéros des analyses..	17	20	21	41
	—	—	—	—
Comtés................	Hantes	Kent	Kent	Worcester
Poids de la racine avec feuilles (Livres).....	2.30	1.98	2.03	3.13
Poids de la racine sans feuilles (Livres).....	2.04	1.17	1.28	1.93
Densité...............	108.3	109.0	107.6	107.6
Sucre dans 100 g. de jus	17.9	18.8	15.4	15.7
Non sucre —	2.10	2.6	2.9	2.7
Pureté................	89.50	87.85	84.15	85.52
Sucre dans 100 gr. de betteraves..........	17.2	18.0	14.6	15.0

(*Sugar* du 15 septembre 1899.)

Paris. — Typ. A. DAVY, 52, rue Madame. — Télépho

HISTOIRE

DE LA

LÉGISLATION DES SUCRES

(1664-1891)

SUIVIE

D'UN RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES LOIS ET RÈGLEMENTS
EN VIGUEUR,
D'ANNEXES, DE TABLEAUX STATISTIQUES
ET D'UNE TABLE CHRONOLOGIQUE ET ANALYTIQUE DES
LOIS, RÈGLEMENTS ET DÉCRETS DEPUIS L'ORIGINE

PAR

E. Boizard
Chef de bureau au Ministère des Finances,
Secrétaire de la Conférence internationale de Londres (1887-1888),

ET

H. Tardieu
Ingénieur des Arts et Manufactures, Fondateur de la *Sucrerie Indigène et Coloniale*, Ex-Agent général de l'ex-Comité central des Fabricants de sucre.


YC 70388
M513259

